

الفيزياء

للمصف الخامس العلمي

تأليف

د. شفاء مجيد جاسم

محمد حمد العجيلي

انتصار عبد الرزاق العبيدي

أ.د. قاسم عزيز محمد

سعيد مجيد العبيدي

جلال جواد سعيد

عباس ناجي البغدادي

المشرف العلمي على الطبع: د. إسماعيل فريد سعيد

المشرف الفني على الطبع: سعد وحيدة حميد



استناداً إلى القانون يوزع مجاناً ويمنع بيعه وتداوله في الأسواق

الموقع والصفحة الرسمية للمديرية العامة للمناهج

www.manahj.edu.iq

manahj@yahoo.com

info@manahj.edu.iq



manahj

manahj



المقدمة

عزيزي الطالب

عزيزتي الطالبة

يشكل هذا الكتاب دعامة من دعائم المنهج المطور في الفيزياء والذي يعمل على تحقيق اهداف علمية وعملية تواكب التطور العلمي في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ، كما يحقق هذا الكتاب ربطا للحقائق والمفاهيم التي يدرسها الطالب بواقع حياته اليومية المجتمعية .

ان هذا المنهج يهدف الى الموضوعات الآتية:

- توضيح العلاقة بين العلم والتكنولوجيا في مجال العلوم وتأثيرها في التنمية وربطها بالحياة العملية.
 - اكساب الطالب منهجية التفكير العلمي والانتقال به من التعليم المعتمد على الحفظ الى التعلم الذاتي الممنّج بالمتعة والتشويق .
 - محاولة تدريب الطالب على الاستكشاف من خلال تنمية مهارات الملاحظة والتحليل والاستنتاج والتعليل .
 - اكساب الطالب المهارات الحياتية والقدرات العلمية التطبيقية .
 - تنمية مفهوم الاتجاهات الحديثة في الحفاظ على التوازن البيئي عملياً وعالمياً .
- يضم هذا الكتاب عشرة فصول هي (الفصل الاول - المتجهات ، الفصل الثاني - الحركة ، الفصل الثالث - قوانين الحركة ، الفصل الرابع - الاتزان والعزوم ، الفصل الخامس الشغل والقدرة والطاقة والزخم ، الفصل السادس - الديناميكا الحرارية ، الفصل السابع - الحركة الدائرية والدورانية ، الفصل الثامن - الحركة الاهتزازية والموجية والصوت ، الفصل التاسع - التيار الكهربائي والفصل العاشر - المغناطيسية . ويحتوي كل فصل على مفاهيم جديدة مثل (هل تعلم ، تذكر ، سؤال ، فكر) بالإضافة الى مجموعة كبيرة من التكريرات والانشطة المتنوعة ليتعرف الطالب من خلالها على مدى ما تحقق من اهداف ذلك الفصل .
- نقدم الشكر والتقدير لكل من الاختصاصي التربوي بثينة مهدي محمد والاختصاصي التربوي قيس محمد رضا عبد الهادي لمراجعتهم العلمية للكتاب كما نقدم شكرنا الى اعضاء وحدة مناهج الفيزياء والى كل من أ. د. حازم لويس منصور و أ. د. محمد صالح مهدي للجهود العلمية المبذولة .
- نسأل الله عز وجل أن تعم الفائدة من خلال هذا الكتاب ، وندعوه سبحانه ان يكون ذلك أساس عملنا والذي يصب في حب وطننا والانتماء اليه والله ولي التوفيق .

المؤلفون

المحتويات

المقدمة

| | |
|----------|---|
| 5..... | الفصل الأول . المتجهات |
| 24..... | الفصل الثاني . الحركة |
| 51..... | الفصل الثالث . قوانين الحركة |
| 74..... | الفصل الرابع . الاتزان والعزم |
| 93..... | الفصل الخامس . الشغل والقدرة والطاقة والزخم |
| 119..... | الفصل السادس . الديناميكا الحرارية (التحرك الحراري) |
| 131..... | الفصل السابع . الحركة الدائرية والدورانية |
| 158..... | الفصل الثامن . الحركة الاهتزازية والموجية والصوت |
| 195..... | الفصل التاسع . التيار الكهربائي |
| 229..... | الفصل العاشر . المغناطيسية |

المتجهات Vectors

1-1 أنظمة الإحداثيات Coordinate systems

نحتاج في حياتنا العملية الى تحديد موقع جسم ما سواء كان ساكناً او متحركاً، ولتحديد موقع هذا الجسم فائناً نستعين بما يعرف بالإحداثيات **(Coordinates)**، وهناك انواع عدة من الاحداثيات التي نطبقها ، منها الاحداثيات الكارتيزية **(Rectangular Coordinates)** والاحداثيات القطبية **(Polar Coordinates)**.

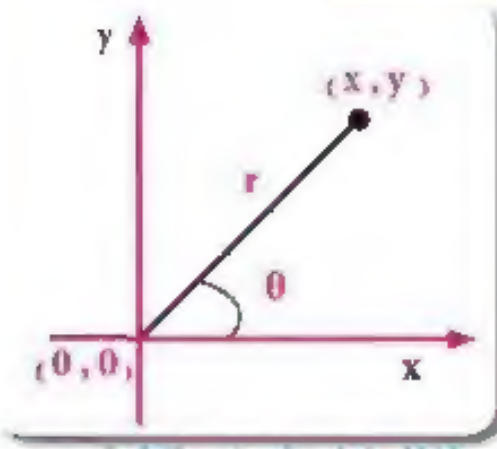
أ. الإحداثيات الكارتيزية (Rectangular coordinates)



الشكل (1) : المحاور الكارتيزية

تتكون هذه الاحداثيات من محورين x و y هما المحور الأفقي x والمحور الشاقولي y وهما متعامدين مع بعضهما البعض ومقاطعين عند النقطة $(0,0)$ التي تسمى نقطة الاصل **(Origin point)** ويكتب اسم المحورين بـ (x,y) لتحديد موقع أية نقطة على هذه الاحداثيات للدلالة على الكمية الفيزيائية ووحدة القياس المستعملة لقياسها لاحظ الشكل (1).

ب. الإحداثيات القطبية Polar Coordinates

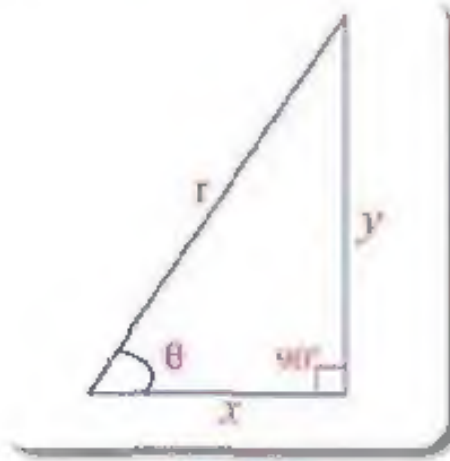


الشكل (2) : المحاور القطبية

في بعض الاحيان يمكن التعبير عن موقع نقطة في مستو معين بتطبيق نظام محاور آخر يسمى نظام المحاور القطبية **(Polar Coordinates)**، والذي يحدد بالبعد r والزاوية θ التي يصنعها مع المحور الأفقي. لذلك فالبعد r هو البعد من نقطة الاصل الى النقطة (x,y) في المحاور الكارتيزية وان (θ) هي الزاوية بين المستقيم المرسوم من نقطة الاصل الى تلك النقطة والمحور الأفقي x ، لاحظ الشكل (2).

2-1 العلاقة بين الإحداثيات الكارتيزية والقطبية

العلاقة بين الإحداثيات الكارتيزية (x, y) والإحداثيات القطبية (r, θ) يمكن ملاحظتها في المثلث الموضح في الشكل (3).



الشكل (3)

$$\sin \theta = \frac{y}{r}$$

$$\cos \theta = \frac{x}{r}$$

لذا يمكن تحويل المحاور القطبية المستوية لاية نقطة، الى محاور كارتيزية باستعمال العلاقة الآتية:

$$y = r \sin \theta$$

$$x = r \cos \theta$$

يمكن إيجاد العلاقة الرياضية الآتية:

$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

وبتطبيق نظرية فيثاغورس على المثلث يكون:

$$r^2 = x^2 + y^2$$

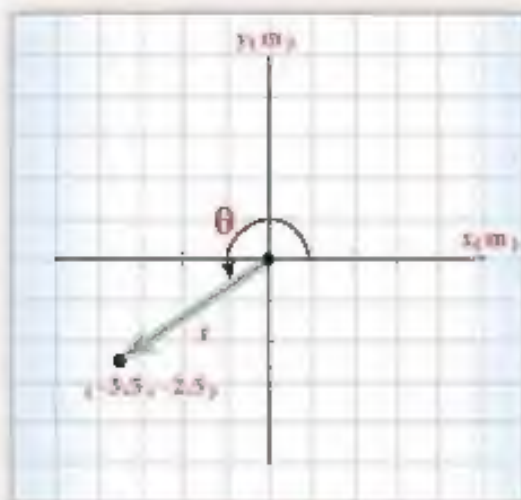
$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{ومنها}$$

مثال 1

إذا كانت المحاور الكارتيزية لنقطة تقع في المستوى (x, y) هي $(-3.5, -2.5)$

كما موضح في الشكل (4) عين المحاور القطبية لهذه النقطة، علماً أن $\tan 35.53^\circ = 0.714$

الحل:



الشكل (4)

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$r = \sqrt{(-3.5)^2 + (-2.5)^2}$$

$$r = 4.3m$$

ولتعيين اتجاه المتجه r نستعمل العلاقة الآتية:

$$\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{-2.5m}{-3.5m} = 0.714$$

$$\tan 35.53^\circ = 0.714$$

بما أن θ واقعة في الربع الثالث، لاحظ الشكل (4) فإن قياس الزاوية $\theta = 215.53^\circ$

أما المحاور القطبية لها (r, θ) تساوي $(4.3m, 215.53^\circ)$

1-3 الكميات القياسية والكميات المتجهة

عند قياسك لكمية ما ففك تعبر عن النتيجة بدلالة عدد ما بوحدة قياسه. فمثلاً قد يكون طولك **165cm**، هذه كمية لها قيمة عددية فقط وهي (165)، ووحدة القياس هي (cm) في هذه الحالة. ولاحظ أن الكمية مثل الطول لها مقدار ووحدة قياس وكميات أخرى كحجم صندوق أو درجة حرارة جسم لا يرتبط مقدارها بأي اتجاه وتسمى للكميات التي ليس لها اتجاه بالكميات القياسية (المقدورية) **(Scalar quantities)** وهناك كميات أخرى تحدد بالاتجاه وتوصف هذه الكمية وصفاً كاملاً يجب تحديد اتجاهها بالإضافة إلى مقدارها ووحدة قياسها. فنقول على سبيل المثال أن مقدار سرعة السيارة **40km/h** باتجاه الشرق.

وتسمى الكميات التي توصف بتحديد اتجاهها ومقدارها بالكميات المتجهة **(Vector quantities)** وتمثل الكمية المتجهة برمز يوضع فوقه سهم صغير للدلالة على كونها كمية متجهة.

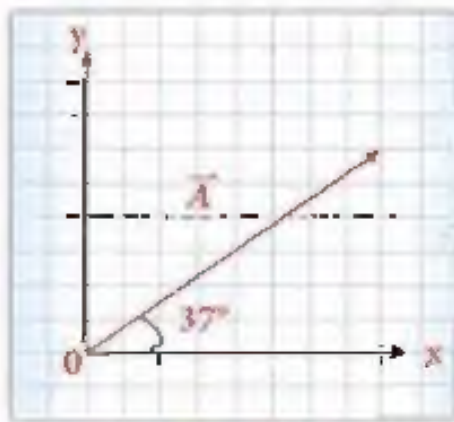
فترمز للقوة **\vec{F}** وللسرعة **\vec{v}** وللانجذاب **\vec{a}** .

تمثل الكميات المتجهة بيانياً بسهم بحيث:

a. يتناسب طول السهم مع مقدار الكمية المتجهة وذلك باستعمال مقياس معين.

b. يشير اتجاه السهم إلى اتجاه الكمية المتجهة.

c. تمثل نقطة الأصل وهي نقطة تأثير المتجه (نقطة البداية).



الشكل (5)

ويعبر رياضياً عن مقدار أي كمية متجهة بالرمز **$|\vec{A}|$**

أو **A** من غير سهم فمثلاً يشير الشكل (5) إلى

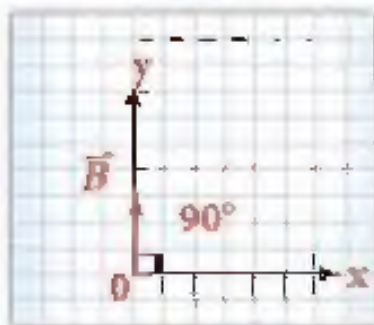
كمية متجهة **\vec{A}** مقدارها 10 وحدات وزاوية قياسها

37° مع المحور **x** بالاتجاه الموجب وتوتر في النقطة **(0,0)**

ويشير الشكل (6) إلى كمية متجهة **\vec{B}** مقدارها

ثلاث وحدات وزاوية قياسها **90°** مع المحور **x** وتوتر في

النقطة **(0,0)**



الشكل (6)

وبالتعريف /

فإن مقدار الكمية المتجهة **$|\vec{A}|$** هي كمية

قياسية (كمية مقدورية) وتكون دائماً موجبة

في قيمة مطلقة.

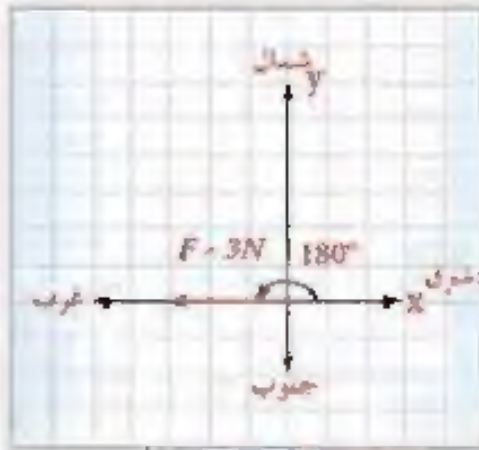
سؤال

صنف الكميات التالية إلى متجهة وقياسية ، معبراً عنها باستخدام رمز متناسب لها
(المسافة ، القوة ، التيار الكهربائي ، التسجيل ، المجال الكهربائي ، الزمن ، المساحة
الكهربائية) .

معلومي

خبر عن الكميات المتجهة الآتية رياضياً وبيانياً :-

1. القوة \vec{F} مقدارها $3N$ تؤثر في جسم باتجاه الغرب .
2. جسم سرعته \vec{v} مقدارها $5m/s$ باتجاه يصنع زاوية قياسها 37° غرب الشمال .



الشكل (7)

الحل

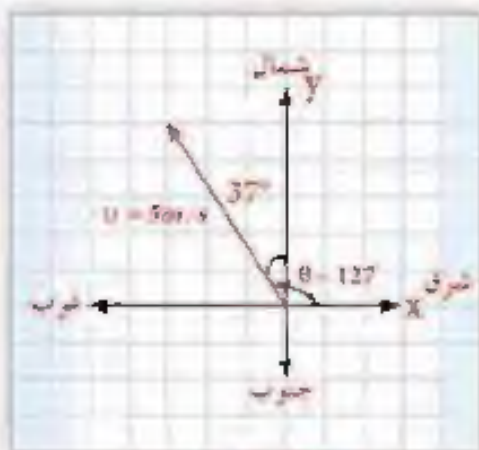
1. نكتب مقدار متجه القوة بالصيغة الآتية :

$$|\vec{F}| = 3N \text{ أو نكتبها } F = 3N$$

أما اتجاه القوة فهو غرباً أي بالاتجاه السالب للمحور x .

لذلك يصنع متجه القوة زاوية $180^\circ - \theta$ مع

الاتجاه الموجب للمحور x . لاحظ الشكل (7) .



الشكل (8)

2. مقدار السرعة $v = 5m/s$ واتجاهها 37° غرب

الشمال أي: 37° مع المحور الشاقولي y بالاتجاه

الموجب لذا تكون $\theta = 37^\circ + 90^\circ = 127^\circ$

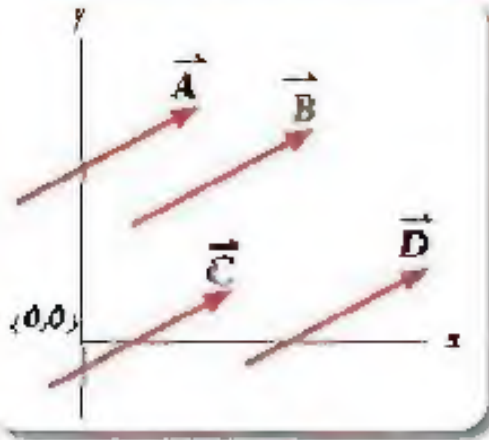
مع الاتجاه الموجب للمحور x .

لاحظ الشكل (8) .

بعض خصائص المتجهات

Some properties of Vectors

4-1

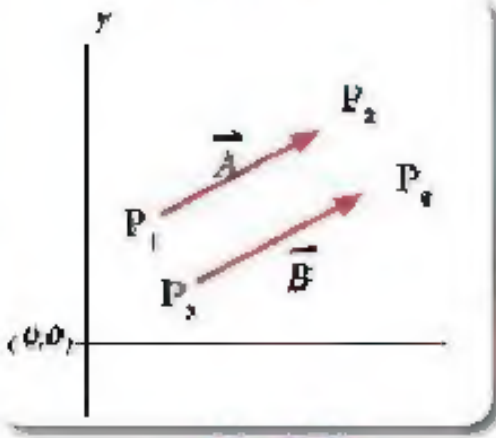


الشكل (9)

التساوي Equality

يقال عن متجهين لهما متساويان إذا كان لهما المقدار نفسه والاتجاه نفسه بغض النظر عن نقطة بداية كل منهما : لاحظ الشكل (9) المتجهات $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \vec{D}$ هي متجهات متساوية وتكتب بالصيغة التالية :-

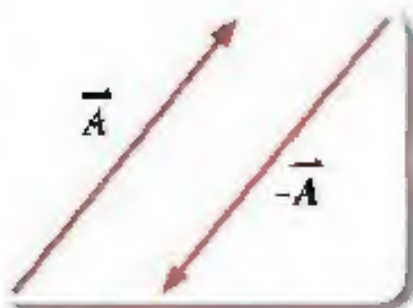
$$\vec{A} = \vec{B} = \vec{C} = \vec{D}$$



الشكل (10)

ولو لاحظنا الشكل (10) نجد أن المتجه \vec{A} له نقطة بداية P_1 ونقطة نهاية هي P_2 والمتجه \vec{B} له نقطة بداية P_3 ونقطة نهاية هي P_4 ويمكننا القول أن $\vec{A} = \vec{B}$ لأن المتجه \vec{A} يساوي بالمقدار المتجه \vec{B} وبالاتجاه نفسه.

سالب المتجه Negative of a Vector

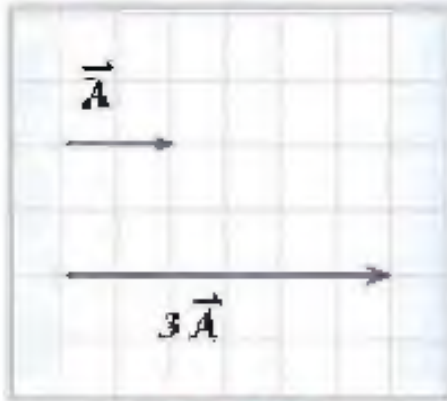


الشكل (11)

إن سالب المتجه \vec{A} هو متجه يمتلك المقدار نفسه للمتجه \vec{A} ويكون معاكساً له بالاتجاه لاحظ الشكل (11).
إن سالب المتجه \vec{A} يمثل بالمتجه $-\vec{A}$ أي أن المتجه وسالب المتجه يكونان متساويين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه .

ضرب المتجه (كمية فيزيائية) (كمية مقدار) (ضرب)

Multiplication of a Vector by a Scalar



الشكل (12)

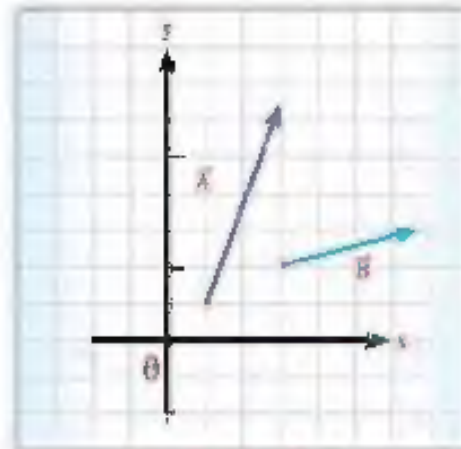
إن نتيجة ضرب المتجه بكمية قياسية (مقدارية) ينتج عنه متجه آخر يمتلك مقدراً جديداً ولكنه يبقى محافظاً على اتجاهه. فمن ملاحظتنا للشكل (12) عند ضرب المتجه \vec{A} بالرقم (3) فإن مقدار المتجه $|\vec{A}|$ سوف يزداد ويصبح $3|\vec{A}|$ ولكنه يبقى بالاتجاه نفسه. ووجد في الفيزياء أمثلة متعددة على ضرب للمتجهات كميات قياسية منها: القانون الثاني لنيوتن $\vec{F} = m\vec{a}$ وعلاقة القوة الكهربائية بالمجال الكهربائي $\vec{F} = q\vec{E}$

5-1 جمع المتجهات Vectors Addition

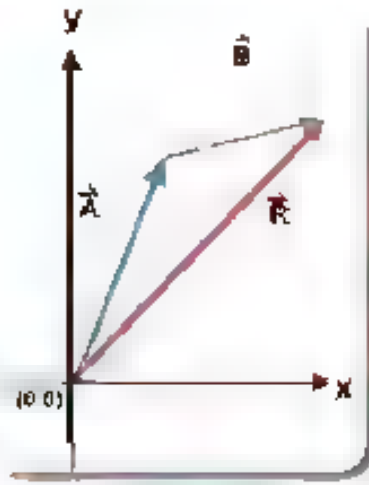
بما أن للكمية المتجهة مقدراً واتجاهاً، فعملية جمع المتجهات لا تخضع لقاعدة الجمع الجبري كما هو الحال في الكميات القياسية.

طريقة البيانية في جمع المتجهات Graphical Method

يمكن جمع المتجهات بيانياً طبقاً لهذه الطريقة لاحظ الشكل (13a) إذ أن المتجهين (\vec{A}, \vec{B}) يقعان في مستوي واحد هو مستوي الصفحة، وطول القطعة المستقيمة التي تمثل كلا من المتجهين تتناسب طردياً مع مقدار المتجه وبشير السهم في نهاية المتجه إلى اتجاه المتجه.



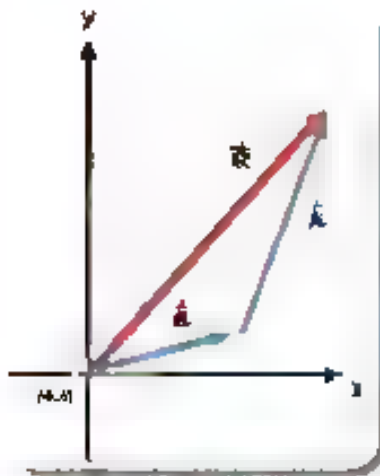
الشكل (13-أ)



الشكل (13b)

و لإيجاد حاصل جمع المتجهين $(\vec{A} + \vec{B})$ أولاً نرسم المتجه الأول \vec{A} ثم نقوم بوضع ذيل المتجه \vec{B} عند رأس المتجه \vec{A} ثم نصل خط مستقيم بين ذيل المتجه \vec{A} ورأس المتجه \vec{B} لاحظ الشكل (13b)، ويمثل هذه الخط المستقيم متجه حاصل الجمع ويسمى \vec{R} المتجه المحصل **Resultant Vector**

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$



الشكل (13c)

وسمى الشكل (13c) طريقة أخرى مسمية جمع المتجهين $(\vec{B} + \vec{A})$ وهما ترسم المتجه الثاني \vec{B} أولاً ثم نضع ذيل المتجه \vec{A} عند رأس المتجه \vec{B} لاحظ أن المتجه المحصل في هذه الحالة هو المتجه \vec{R} نفسه مما يعني أن

$$\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$$

أي أن جمع المتجهات بمقدار يحافظ على الإبدال

(Commutative)

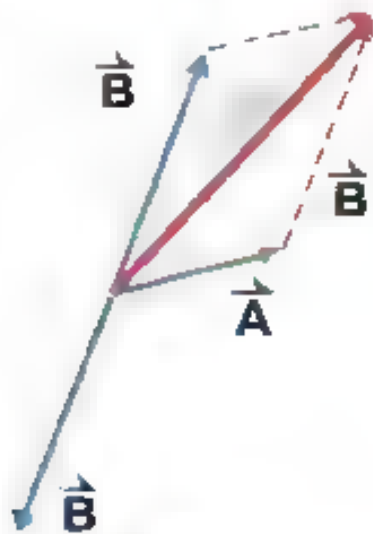
ومن الجدير بالذكر أنه يمكن جمع المتجه \vec{A} مع نفسه لاحظ الشكل (14) طريقة الرسم ، فنرسم متجه المحصل في هذه الحالة هو

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{A} = 2\vec{A}$$

وهذا \vec{R} هو المتجه المحصل بمقداره يساوي ضعف مقدار المتجه \vec{A} وهما لهما نفس



الشكل (14)



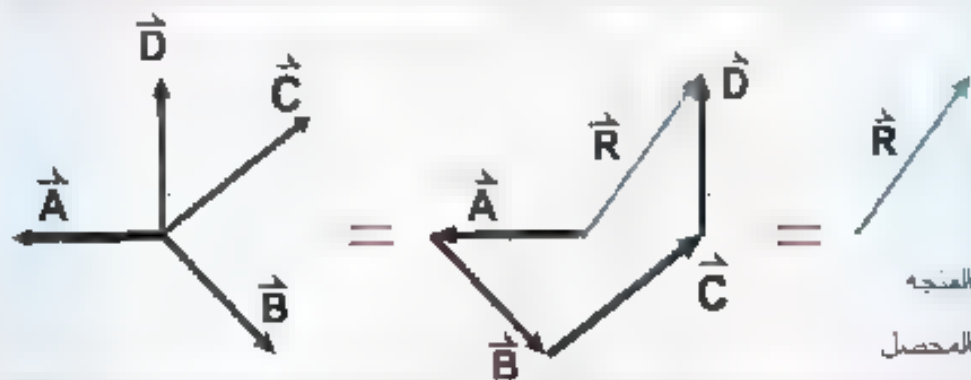
كما يستطيع أن يعرف حاصل طرح المتجهين $(\vec{A} - \vec{B})$ على أنه حاصل جمع للمتجهين $(\vec{A}$ و \vec{B}) أي أن:

$$\vec{A} + (-\vec{B}) = \vec{A} - \vec{B}$$

والشكل (15) يوضح ذلك

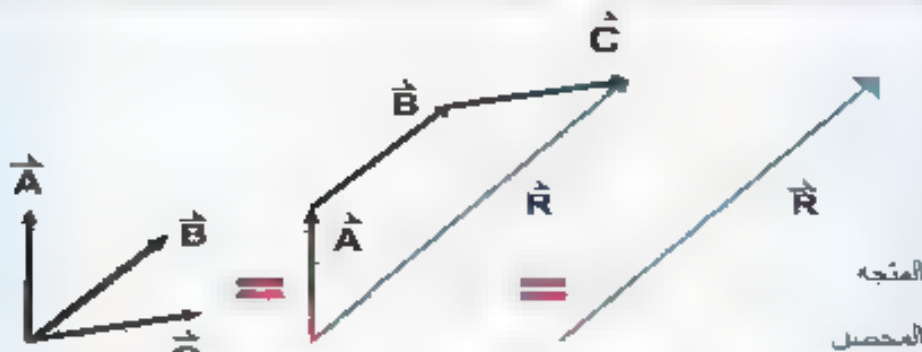
كـ (16)

كما يمكن إيجاد المتجه المحصل لثلاثة متجهات أو أكثر والتي تبدأ من نقطة التأثير نفسها ويتم جمع هذه المتجهات بوضع ذيل المتجه الثاني عند رأس المتجه الأول ثم ذيل المتجه الثالث عند رأس المتجه الثاني وهكذا ثم يرسم المتجه المحصل \vec{R} بحيث يكور ذيل المتجه \vec{R} عند ذيل المتجه الأول ورأسه يطبق على رأس المتجه الأخير كما موضح في الشكل (16) (a, b)



(16a)

ذاتية جـ ر جمع المتجه



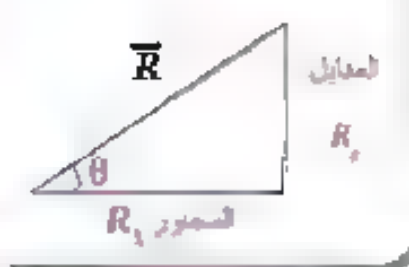
(16b)



الشكل (17)

يعبر الشكل (17) المتجه \vec{R} ، قد تم تحريكه الى مركزين متقابلين متجهين أحدهما يوازي للمحور x ، ويسمى المركبة الأفقية ويمثلها المتجه \vec{R}_x ، والآخر يوازي المحور y ، ويسمى المركبة الشاقولية ، ويمثلها المتجه \vec{R}_y وهذه تسمى عملية تحليل المتجه الى مركباته.

وحيث ان (\vec{R}_x, \vec{R}_y) يمثلان صليعين فعملان في مثلث قائم الزاوية والمتجه المحصل \vec{R} يمثل الزاوية في المثلث لاحظ الشكل (18) . وبحسب مقدار ه ضلع فنتطرقه كذاثورس Pythagorean Theorem ، كما يلي



الشكل (18)

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

اما متجه \vec{R} يحسب بالزاوية θ ، حيث ان:

ويعرف يمكن من معرفة مقدار واتجاه للمتجه المحصل ، وعندها

مربع ان يعرف مقدار مركبته الشاقولية والأفقية ، فبحسب تلك المركبتين باستعمال المعادلتين المبينة هـ .

$$\cos \theta = \frac{R_x}{R} \Rightarrow R_x = R \cos \theta$$

مقدار المركبة الأفقية تكون

$$\sin \theta = \frac{R_y}{R} \Rightarrow R_y = R \sin \theta$$

مقدار المركبة الشاقولية تكون

إذا كان مقدار المتجه \vec{A} يسوي 175m ويميل بزاوية 50° عن المحور x جذ مركبي المتجه \vec{A} .

الحل // نحل المتجه \vec{A} فبحسب مركبته بيثيا كما في الشكل (19) :

$$A_x = A \cos \theta$$

المركبة الأفقية هي :

$$A_x = (175m) \times \cos 50^\circ$$

وبحسب مقدار هـ :

$$A_x = (175m) \times (0.643)$$

$$A_x = 112.53m$$



المركبة الأفقية هي $A_y = A \sin \theta$

ويحسب مقدارها $A_y = (175m) \times \sin 50^\circ$

$A_y = (175m) \times (0.766)$

$A_y = 134m$

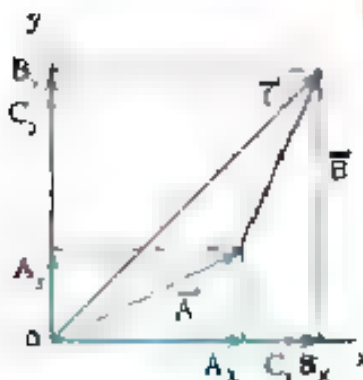
الشكل (19)

أي زوج من متجهات الإزاحة المتبينة في الجدول التالي تكون متساوية



| المتجه vector | المقدار magnitude | اتجاهه Direction |
|------------------|----------------------|---------------------|
| \vec{A} | 100m | 30° شمال الشرق |
| \vec{B} | 100m | 30° جنوب الغرب |
| \vec{C} | 100m | 30° جنوب الشرق |
| \vec{D} | 100m | 60° شرق الشمال |
| \vec{E} | 100m | 60° غرب الجنوب |

أوجد محصلة متجهين أو أكثر بطريقة تحليل المتجه



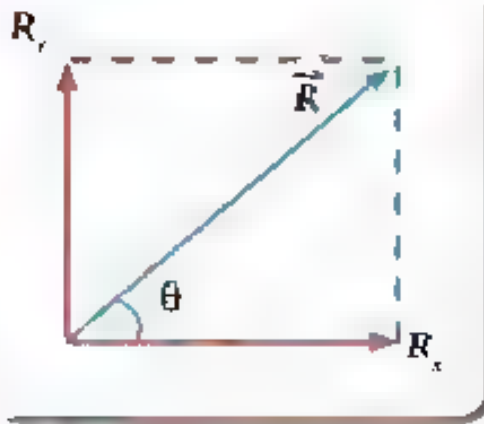
إن عملية تحليل المتجه إلى مركبتيه الأفقية على المحور x والساقونية على المحور y تسهل عملية جمع المتجهات من الناحية الحسابية ، ويمكن جمع متجهين أو أكثر مثل

$\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \dots$ إلخ ، وذلك بتحليل كل متجه إلى مركبته الأفقية والمتبقولية

نلاحظ الشكل (20) ، ثم نجمع المركبات الأفقية لكل المتجهات فنكون المركبة الأفقية

المحصلة على المحور x هي





الشكل 21

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$$

وبالمثل نجمع المركبات الشاقولية R_y للمركبات على المحور y ، للمحصلة تكون المركبة الشاقولية المحصلة على المحور y :

$$\vec{R}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y + \vec{C}_y$$

وهذه العملية موضحة بيانياً في الشكل 21

ولأن R_x ، R_y متعامدان، يمكن حساب مقدار المتجه المحصل باستعمال نظرية فيثاغورس

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

وبعد الزاوية التي يصنعها المتجه المحصل \vec{R} مع المحور x من العلاقة الآتية :

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x} \quad \text{أو} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x}$$

في المتجه المحصل \vec{R} في نفس الاتجاه شعبة \vec{A} ، \vec{B} ، \vec{C} (متجهه على حركة x)

النتيجة المحصل

وهذا يعني أن الزاوية θ هي الزاوية التي ظلها يساوي $\frac{R_y}{R_x}$



لأنه مقدار المتجه المحصل \vec{R} يمكن تطبيق نظرية فيثاغورس

كأن الزاوية بين المتجهين \vec{A} و \vec{B} تساوي 90° (قيمة)

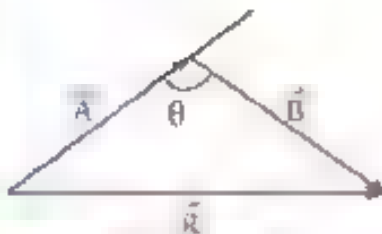
ما إذا كانت الزاوية بين المتجهين \vec{A} و \vec{B} لا تساوي 90° بحيث استعمال قانون جيب

التمام (cosine) أو قانون الجيب (sine) كالآتي :

قانون cosine (جيب التمام)

مربع مقدار المتجه المحصل يساوي مجموع مربعي مقدار المتجهين مطروحاً منه ضعف حاصل

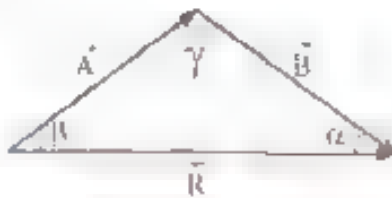
ضرب مقدار المتجهين مضروباً في cosine الزاوية التي بينهم والمعادلة هي \vec{R}



$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos \theta$$

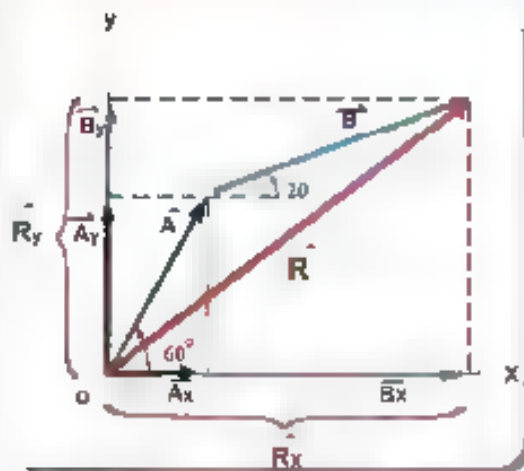
قانون sine (الجيب)

مقدار المتجه المحصل مقسوماً على sine الزاوية التي تقابلها يساوي مقدار أحد المتجهين مقسوماً على sine الزاوية التي تقابلها



$$\frac{R}{\sin \gamma} = \frac{A}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin \beta}$$

المتجه \vec{A} طوله 14cm ويصنع زاوية قياسها 60° مع الاتجاه الموجب للمحور x ، و المتجه \vec{B} طوله 20cm ويصنع زاوية قياسها 20° مع الاتجاه الموجب للمحور x
حلل المتجهين \vec{A} ، \vec{B} إلى مركبتيهما ثم احسب مقدار واتجاه المتجه المحصل \vec{R} .



الحل

من ملاحظتك للشكل (22) فإن مقادير المركبت الأفقية والشافولية للمتجهات هي

$$\begin{aligned} A_x &= A \cos \theta \\ &= 14 \text{ cm} \times \cos 60^\circ \\ &= 14 \times 0.5 \\ &= 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_y &= A \sin \theta \quad \text{مقدار المركبة الشافولية} \\ &= 14 \text{ cm} \times \sin 60^\circ \\ &= 14 \times 0.866 \\ &= 12.12 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_x &= B \cos \theta \quad \text{مقدار المركبة الأفقية} \\ &= 20 \text{ cm} \times \cos 20^\circ \\ &= 20 \times 0.939 \\ &= 18.79 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_y &= B \sin \theta \quad \text{مقدار المركبة الشافولية} \\ &= 20 \text{ cm} \times \sin 20^\circ \\ &= 20 \times 0.342 \\ &= 6.84 \text{ cm} \end{aligned}$$

نحسب مقدار محصلة المركبتين الشكوليتين \vec{R}_y :

$$\begin{aligned} R_y &= A_y + B_y \\ R_y &= 12.12 + 6.84 \\ &= 18.96 \text{ cm} \end{aligned}$$

نحسب مقدار محصلة المركبتين الأفقيتين \vec{R}_x :

$$\begin{aligned} R_x &= A_x + B_x \\ &= 7 + 18.79 \\ &= 25.79 \text{ cm} \end{aligned}$$

و مقدار المسعة المحصر \vec{R} يتم ايجاده بتطبيق نظريه فيثاغورس :

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{(25.79)^2 + (18.96)^2} \\ R &= 32 \text{ cm} \end{aligned}$$

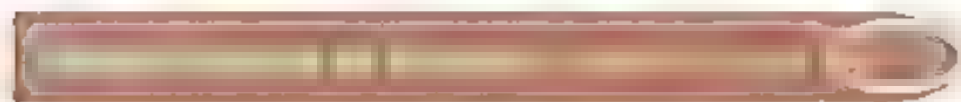
و يمكن ايجاد اتجاه المتجه المحصل \vec{R} بالنسبة الى المحور x من العلاقة الآتية :

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

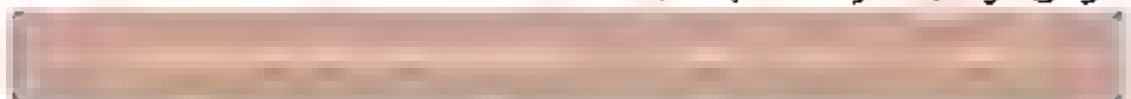
$$\tan \theta = \frac{18.96}{25.79} = 0.735$$

هنا زاوية θ مع الاتجاه الموجب للمحور x

$$\therefore \theta = 36^\circ$$



في محصر الاحبال نحتاج في علم القيرباء ان نضرب كمية متجهه بكمية متجهه اخرى قد يكون ناتج الضرب كمية قياسية ، و يجب انضرب كميتين متجهتين فيكون الناتج كمية متجهية .
بمعنى اخر نضرب لمتجهين لمتجهين ، و هم :

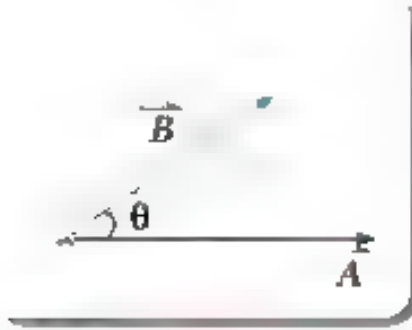


يسمى المتجه القياسي هذا الاسم ، لان ناتج الضرب هو كمية قياسية و يسمى كذلك بمتجه قطبي لان اتواء الضرب فيه هي النقطة .

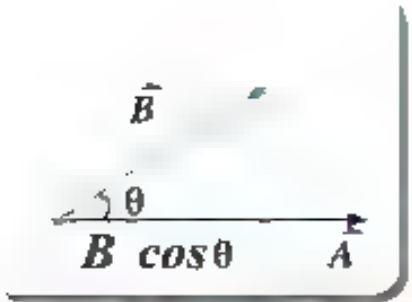


ويعرف الصرب القياسي (النقطي) للمتجهين \vec{A} و \vec{B} كما يأتي

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$$



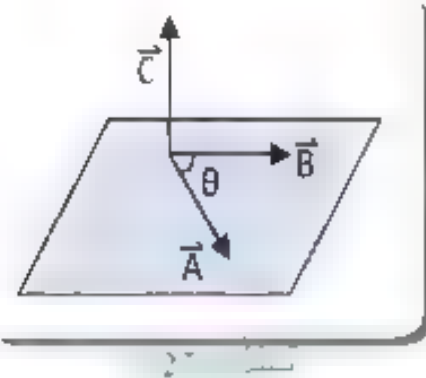
حيث θ تمثل الزاوية المحصورة بين \vec{A} و \vec{B}
كما في الشكل (23) وقياسها بين الصفر و 180°



يوضح الشكل (24) مسقط المتجه \vec{B} على المتجه \vec{A} والذي يساوي $(B \cos \theta)$ وهذا المسقط يمثل مركبة المتجه \vec{B} على اتجاه المتجه \vec{A} .

vector product

يسمى هذا النوع من صرب المتجهات الصرب الاتجاهي ، لأن ناتج الصرب الاتجاهي هو كمية متجهة حيث ينتج عن حاصل صرب المتجهين متجهاً ثالث يكون اتجاهه عمودي على المسنوي الذي يحوي المتجهين \vec{A}, \vec{B} . لاحظ الشكل (25)



يعرف الصرب الاتجاهي رياضياً كما يأتي:

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

$$|\vec{C}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta$$

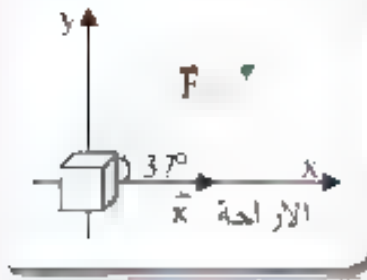
طبق قاعدة الكف اليمنى لتعيين اتجاه المتجه المحصل

للصرب الاتجاهي للمتجهين \vec{A}, \vec{B} . تدور أصابع الكف اليمنى من اتجاه المتجه الأول (مثلاً \vec{A}) نحو المتجه الثاني (مثلاً \vec{B}) فيشير الإبهام إلى اتجاه المتجه المحصل \vec{C} .



اثر ت قوة مقدارها 40N باتجاه 37° فوق الأفق في جسم ، فحركته لراحة 10m بالاتجاه الأفقي . احسب مقدار الشغل الذي تبذله تلك القوة .

الحل /



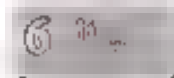
الشكل (26)

$$W(\text{work}) = \vec{F}(\text{Force}) \cdot \vec{x} (\text{displacement})$$

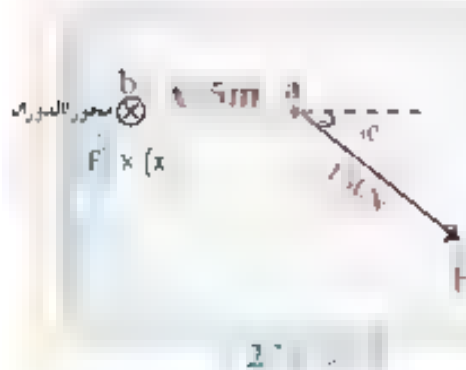
$$W = |\vec{F}| |\vec{x}| \cos \theta$$

$$W = 40 \times 10 \times \cos 37^\circ$$

$$W = 40 \times 10 \times \frac{4}{5} = 320 \text{ Joule}$$



اثر ت القوة \vec{F} مقدارها 150N في العتلة ab عند النقطة (a) والتي تبعد عن محور الدوران b بالبعد 5m لاحظ الشكل (27) . جد مقدار وإتجاه المتجه المحصل



الشكل (27)

$$|\vec{F} \times \vec{X}| = |\vec{X}| |\vec{F}| \sin \theta$$

$$|\vec{F} \times \vec{X}| = 5 \times 150 \sin 30^\circ$$

$$|\vec{F} \times \vec{X}| = 5 \times 150 \times \frac{1}{2}$$

$$|\vec{F} \times \vec{X}| = 375 \text{ N.m}$$

باتجاه القاري خارج الصفحة ⊙

طبقاً لقاعدة الكف اليمنى

$$1 \quad \vec{A} \cdot \vec{A} = |\vec{A}| |\vec{A}| \cos 0 = A^2$$

$$2 \quad \vec{A} \times \vec{A} = |\vec{A}| |\vec{A}| \sin 0 = 0$$

$$3 \quad \{\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}\}$$

$$\{\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}\}$$

$$4 \quad \vec{A} \cdot \vec{B} = 0 \quad \text{إذا كان المتجه } \vec{A} \text{ عمودي على المتجه } \vec{B}$$

$$\cos 90^\circ = 0, \sin 90^\circ = 1, \cos 0 = 1, \sin 0 = 0$$

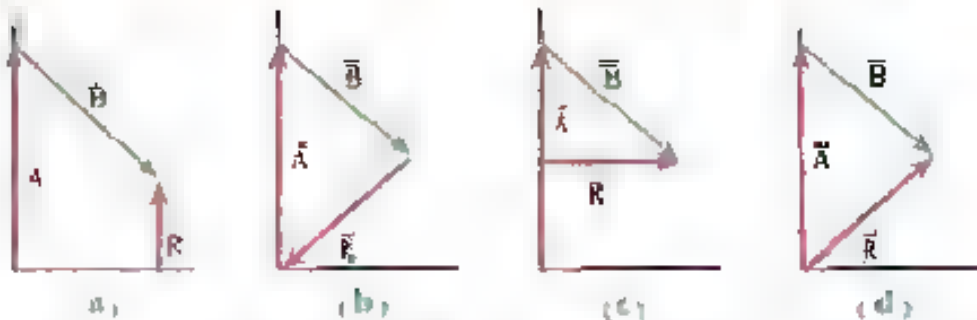
تذكر

وحد حاصية لال بطريقة الصرب القاسي

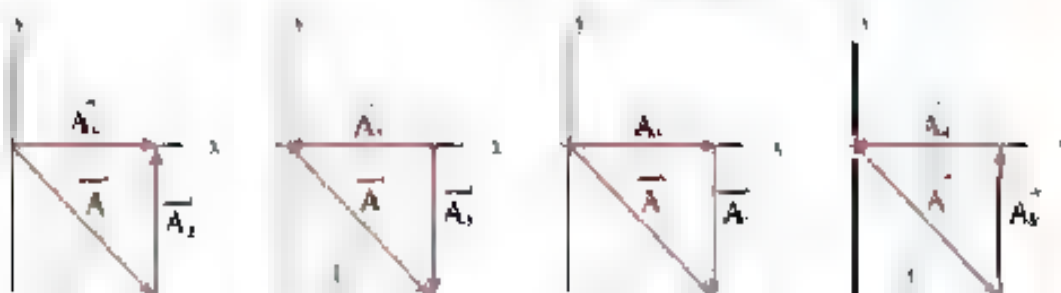
وعدم بحصية بطريقة الصرب لأجائي

1 / اختر العبار الصحيحة كل مد بقي

1 متجهي لأزاحة (\vec{A}, \vec{B}) جمعاً متجهياً للخصائص على مقدار المتجه المحصل R في من الأشكال لأنه يوضح بصورة صحيحة للمحصلة المتجه لهما



2 وضع سحس \vec{A} باتجاه الجنوب الشرقي * من الأشكال الآتية بوضح بصورة صحيحة للمركب A_x, A_y متجه \vec{A}



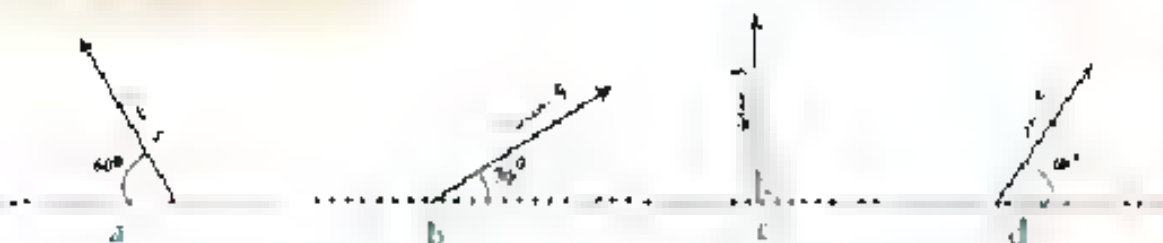
3 أي زوج من المتجهات $(\vec{K}, \vec{L}, \vec{M}, \vec{N})$ الموصلة في الشكل المجاور متساويين



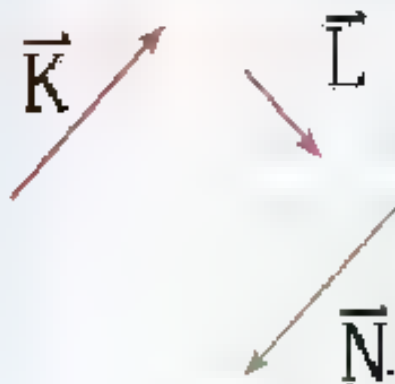
- a \vec{K}, \vec{L}
- b \vec{K}, \vec{M}
- c \vec{L}, \vec{M}
- d \vec{N}, \vec{L}

4 في الشكل المجاور المتجهين (\vec{K}, \vec{L}) متساويين في المقدار

أي المتجهات لانية مقداراً محصلتهما ؟



5 المتجهات $(\vec{K}, \vec{I}, \vec{N})$ كما هي موضحة في الشكل المجاور في من المعادلات
لديه غير صحيحة



$$\begin{array}{l} 1 \quad \vec{K} + \vec{N} \\ 2 \quad \vec{K} + \vec{I} + \vec{N} - \vec{I} \\ 3 \quad \vec{K} + \vec{N} = 0 \end{array}$$

a المعادلة 1

b المعادلة 2

c المعادلتين 2, 3

d المعادلات 1, 2, 3

6 إذا كان المتجه المحصل للمتجهين \vec{K}, \vec{L} عمودياً على المتجه \vec{K} (لاحظ الشكل
المحاور) فإن مقدار المتجه \vec{L} يساوي



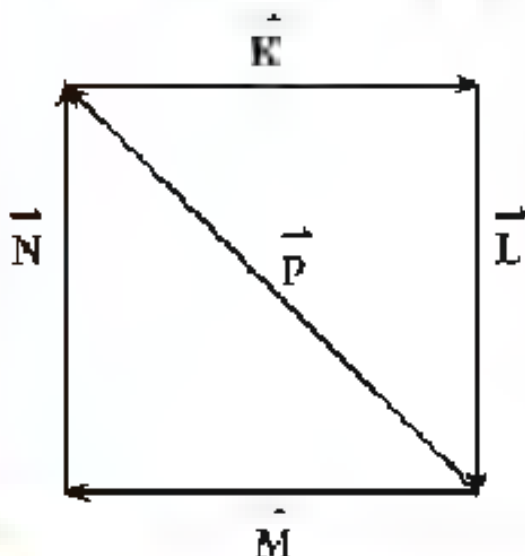
a 8 وحدات

b $4\sqrt{3}$ وحدات

c $4\sqrt{2}$ وحدات

d $8\sqrt{2}$ وحدات

7 أي من المعادلات التالية للمتجهات $\vec{K}, \vec{L}, \vec{M}, \vec{N}, \vec{P}$ في الشكل المجاور تكون غير
صحيحة



$$1 \quad \vec{K} + \vec{L} + \vec{M} + \vec{N} = 2\vec{P}$$

$$2 \quad \vec{K} + \vec{L} + \vec{M} + \vec{N} = 0$$

$$3 \quad \vec{N} + \vec{M} + \vec{P}$$

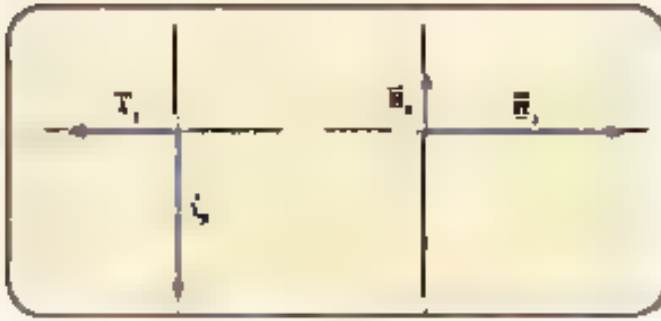
$$4 \quad (\vec{K} + \vec{L}) = \vec{P}$$

a المعادلة 1

b المعادلتين 1, 2

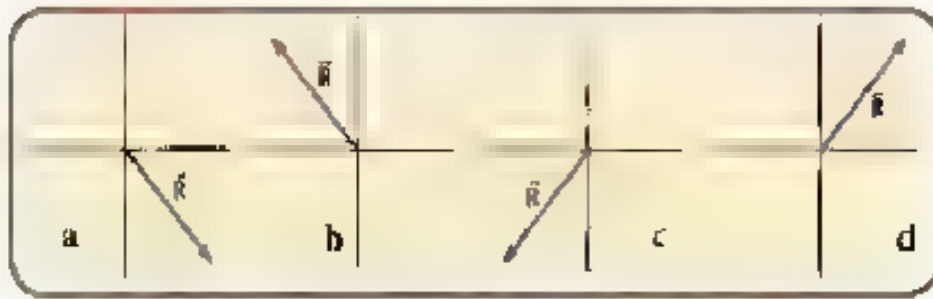
c المعادلات 1, 2, 3

d جميعها



8 الشكل المجاور يبين مركبتي المتجهين \vec{A} و \vec{B} والمتجه المحصل هو \vec{R}

أي من الأمثلة a و b و c و d المعبر عن حاصل جمع المتجهين $\vec{A} + \vec{B}$



س 2 هل يمكن لمركبة متجه أن تساوي صغراً ؟ على الرغم من أن مقدار المتجه لا يساوي صغراً ؟ وضح ذلك

س 3 هل يمكن لمتجه ما أن يمتلك مقداراً سالباً ؟ وضح ذلك

س 4 ا.د. كان $\vec{A} + \vec{B} = 0$ ما يمكنك أن تقول عن المتجهين

س 5 حدد منه طرقاً يمكن لمتجه أن يمتلك مركبتين مسابقتين بالمقدار ؟

س 6 هل يمكن إضافة كمية متجهة إلى كمية فيزيائية ؟ وضح ذلك

س 7 ا.د. كين مقدار المتجه $|\vec{A}| = 12 \text{ m}$ ومقدار المتجه $|\vec{B}| = 9 \text{ m}$ ومقدار لمتجه المحصل بهما $|\vec{R}| = 3 \text{ m}$ وضح ذلك مع الرسم

س 8 إذا كانت مركبة المتجه \vec{A} التي تقع باتجاه المتجه \vec{B} تساوي صغراً مد يمكنك أن تقول عن المتجهين (\vec{B}, \vec{A})

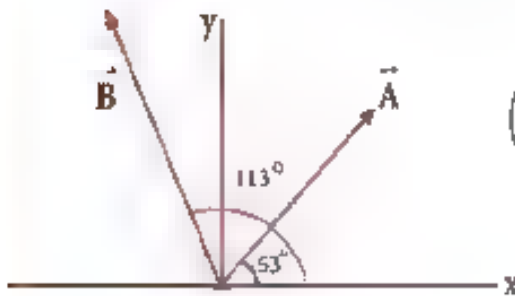


المعاش

س 1

النقطة A تقع في المستوى (\vec{x}, \vec{y}) إحداثياتها (3, 2) اكتب تعبيراً عن موقع المتجه \vec{r}_A لهذه النقطة بصيغة اتجاهية و ا رسم محطاً يوضح اتجاه هذا المتجه ؟

س 2

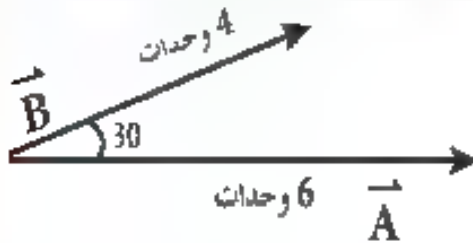


ما مقدار الضرب النقطي $(\vec{A} \cdot \vec{B})$ للمتجهين (\vec{A}, \vec{B}) الموضحين في الشكل المجاور اذا كان .

$$|\vec{A}| = 4 \text{ units}, |\vec{B}| = 5 \text{ units}$$

س 3

اذا كان مقدار المتجه \vec{A} يساوي (6units) وبالاتجاه الموجب للمحور x ومقدار المتجه \vec{B} يساوي (4units) باتجاه 30° مع المحور x ويقع في المستوى (x, y) احسب مقدار حاصل الضرب الاتجاهي للمتجهين $\vec{A} \times \vec{B}$



س 4

جد مركبتى القوة (25N) والتي تميل بزاوية 127° عن المحور x علماً ان $\cos 37^\circ = 0.8$

$$\sin 37^\circ = 0.6$$



مقدمة

إن موضوع الميكانيك **Mechanics**، هو أحد فروع علم الفيزياء الذي يدرس الحركة، وهو يصمم فرعين رئيسيين هما:

1، الكاينماتيك **kinematics**، وهو علم يُعنى بوصف حركة الأجسام من غير النظر إلى مسبباتها

2، الديناميك **Dynamics**، وهو علم يهتم بمسببات الحركة مثل القوة والطاقة
سندرس في هذا الفصل المصطلحات الأساسية من الحركة، إذ نعرف أولاً إلى مفاهيم الموقع، والراحة، والسرعة، والتعجيل للأجسام. في حالة حركتها بعد واحد **Motion in one dimension**، ثم نتطرق إلى الحديث عن حركة الأجسام، في بعدين **Motion in two dimensions**، مع بعض التطبيقات

1- الحركة

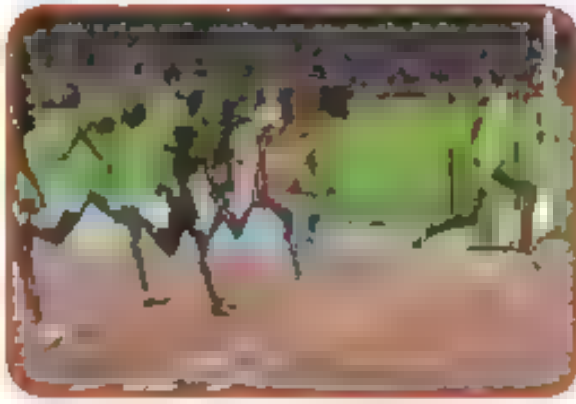


شكل (1)



شكل (2)

قد درست عزيزي الطالب في المراحل السابقة، أن الحركة هي تعيّر مستمر في موقع الجسم بالنسبة إلى نقطة تُعدّ ثابتة. فإذا انتقل الجسم من موقع إلى آخر، فهذا يعني أنه تحرك. وللحركة أنواع مختلفة فمثلاً حركة السيارة على طريق أفقية تسمى حركة انتقالية وحركة الأرض حول محور هي تسمى حركة دورانية وحركة البسول هي حركة اهتزازية. في حياتك المألوفة تكون لنا الأرض وكل ما عليها وكالأشجار والطُرق والمنازل، أطر إسناد (على فرض أن الأرض ساكنة) لاحظ الشكل (1) ولا يمكن أن نتحدث الأجسام المتحركة بسرعة غير ثابتة نقطة إسناد مثل السحب أو طائرة متحركة أو سيارة متحركة. وعند النظر إلى الشكل (2) نقول إن الأطفال ليسوا في حالة حركة، لأنهم لم يعيروا مواقعهم، فهم جالسون على رورق ساكن.



الشكل (3)

ونكتب إذا نظرنا إلى الشكل (3) قولنا إن العدائين في حالة حركة ، فهم مركبون حركتين إلى جيب مع بعضهما ، أي أنهم قد تغيروا مع أفعهم نسبة إلى أي جسم اختر على الطريق كطائر أسود ، من العمود أو الخطوط المثبتة في الطريق ، إذا فالحركة على جسم ما فهو ساكن في مكانه ، فإن ذلك يعتمد على حدث معين في موقع الجسم أو عدم حدوثه نسبة إلى نقطة معينة تسمى **نقطة**

أسود **reference point** ، نقطة ثابتة بالنسبة لآخر أسود قصوري



افترض أنك التقيت صديقك وسأله أين توقف سيارته ؟ فأجاب أنها تقع على بعد (20m) عن باب المدرسة باتجاه الشرق . ستعرف من هذه الجملة أن صديقك قد وصف موقع سيارته ووصف بشي على أن الموقع هو كمية متجهة ، فهو حدد ثلاث عناصر وهي

- * 20m بعدد عن باب المدرسة (وهي تمثل مقدار المتجه)
 - * باتجاه الشرق (والتي تمثل اتجاه المتجه) .
 - * بلد المدرسة (التي تمثل نقطة الأسود التي تحاذرها صديقك)
- يمكن من ذلك :



و الموقع هو كمية متجهة لها مقدار واتجاه معين نسبه إلى نقطة الأصل على أحد المحاور الثلاثة للإحداثيات الكارتيزية (x, y, z) ، يقال عن الجسم أنه في حالة حركة عندما يحدث تغيراً في موقعه نسبة إلى نقطة أساس ثابتة . لاحظ الشكل (4) ،

نجد في العداء في حالة حركة على خط مستقيم على المحور x ، مبعداً عن نقطة الأصل (O) عند غير موقعه ، إلى متجهات موقعه الابتدائي (x_i) ، وموقعه النهائي (x_f) ، قد رسمت وكان مقدار موقعه الابتدائي $(x_i = 5m)$ ، ومقدار موقعه النهائي $(x_f = 12m)$ ، الإشارة الموجبة تعام مقدار متجه الموقع يعني من اراحة الجسم نحو يمين المحور x أن المتحرك في متجه موقع الجسم يسمى بالإزاحة ، وعندها فإن الإزاحة العداء هي الفرق بين موقعه النهائي وموقعه الابتدائي ويزمر لها (Δx) فتكون :

$$\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow \Delta x = 12 - 5 = +7m$$

الرمز (Δ) يعني التغير أو الفرق ، وهو حرف لاتيني بعد علامة .

أفرض أن العداء تحرك من موقعه الابتدائي $(x_i = 5m)$ ، باتجاه معاكس إلى موقعه النهائي

$(x_f = +1m)$ ، فإن الإزاحة العداء في هذه الحالة تكون

$$\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow \Delta x = 1 - 5 = -4m$$

[الإشارة السالبة للإزاحة يعني أن الإزاحة الجسم نحو اليسار على المحور x]

أما إذا تحرك العداء من موقعه الابتدائي $(x_i = 5m)$ ، إلى الموقع $(20m)$ ، ثم رجع إلى موقع

نهائي $(5m)$ ، فإن إزاحة العداء (Δx) تساوي صفراً في هذه الحالة أي أن :

$$\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow \Delta x = 5 - 5 = 0$$

ببما نكو المسافة للكلبة إلى قطعها للعداء في هذه الحالة هي $(30m)$.

لأنه قطع في ذهابه $(15m)$ ، و قطع في رجوعه إلى موقعه الابتدائي مسافة

$(15m)$ ، أيضاً فتكون المسافة للكلبة $(d = 15 + 15 = 30m)$.



بذكر لسيرة سباق من قطع المسافة نفسها التي تقطعها عربة صغيرة ، إلا أننا نلاحظ من حركتهما مختلفتان ، فكيف يمكن تقييم حركة جسم متحرك على مساره ؟ لنفرض أن حركته المبارة الموضحة في الشكل ٥ تكون بخط مستقيم بدأ من نقطة الأصل (O) .



عد الزمن $t = 0$ ، وليكن اتجاه حركة السيارة بالاتجاه الموجب للمحور x ، وبعد مرور فترة زمنية $t_f = 1s$ ، تصل السيارة النقطة A ، والتي تبعد $(2m)$ عن نقطة الأصل فتكون موقعها الابتدائي $x_i = 2m$ ، وبعد مرور زمان قدره $t_f = 4s$ من بدء الحركة ، من نقطة الأصل (0) ، تصل السيارة النقطة B والتي تبعد بالبعد $(32m)$ عن نقطة الأصل فتكون موقعها النهائي $x_f = 32m$ ، فإن الأrahة الكلية التي قطعها السياره هي

$$\Delta x = x_f - x_i$$

$$\Delta t = t_f - t_i$$

والزمن المستغرق .

د. نحسب السرعة المتوسطة من المعادلة التالية :

$$\begin{aligned} |\vec{v}_{avg}| &= \frac{|\vec{x}_f| - |\vec{x}_i|}{t_f - t_i} \\ &= \frac{32 - 2}{4 - 1} \\ &= \frac{30}{3} = 10m/s \end{aligned}$$

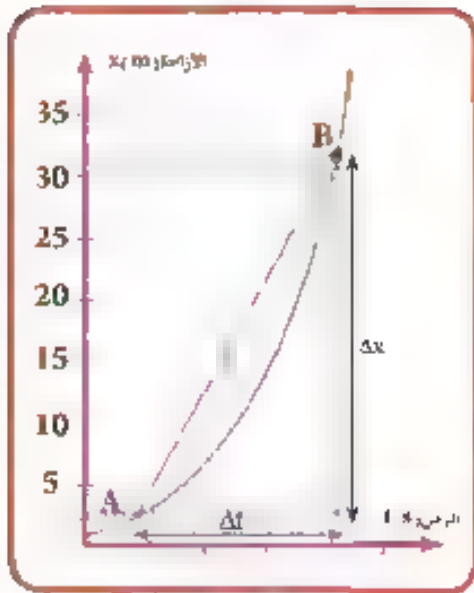


اشارة اسرعه المتوسطه بها اشارة بزرجه هيبه ، هذا ثابت الاربعه بالاجزاء
شعوب للمحور x ، فان السره المتوسطه موجبه ، اما اذا كتب
الاربعه بالاجزاء السالب للمحور x ، فان السره المتوسطه سالبه ،
السرعه المتوسطه معن السره \vec{v} يكتب بالصيغه الاتيه

$$\vec{v} = \frac{v_i + v_f}{2}$$

المخطط البياني (الإrahة حال الزمن) كما موضح في الشكل 6 ، يبين كيفيه السيره الحاصل في موقع الجسم خلال فترة زمنييه محدده ، إن ميل (slope) الخط المستقيم أو اصله بين النقطتين (A) و (B) هو :

$$\text{slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$



الشكل (6)

$$\bar{v}_{avg} = \frac{\Delta \bar{x}}{\Delta t}$$

لذا فإن

ميل الخط المستقيم في مخطط (الإراحة - الزمن) يمثل السرعة المتوسطة :

$$v_{avg} = \text{slope} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

إن نسبة المسافة الكلية المقطوعة إلى الزمن المستغرق تسمى "السرعة المتوسطة"

ويكتب بالصيغة التالية

$$\text{Average Speed (v}_{avg}\text{)} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{Time interval}}$$

تعريف:

المسافة المقطوعة هي كمية قياسية (كمية عديمة اتجاه) لها من لا طائر
المتوسط هو كمية قياسية أيضاً

عبر من الآن الفرق بين السرعة المتوسطة والسرعة المتوسطة (M, K) لاحظ الشكل (7) نسير الشاحنتين جنباً إلى جنب حتى تصلان النقطة A في آن واحد وهو الموقع الابتدائي. وبعد ذلك نسلكان مسارين مختلفين للوصول إلى النقطة B الموقع النهائي والشاحنة K تسلك المسار المستقيم AB، للوصول إلى النقطة B. بينما الشاحنة M تسلك المسار الثاني، وهو المسار المنحني للوصول إلى النقطة نفسها B.

و للزمن الزمنية نفسها (10s) التي تستغرقها الشاحنة K وبما أن المسافة المقطوعة من قبل الشاحنتين مختلفة فالمسافة التي تقطعها الشاحنة K على الطريق المستقيمة تساوي 100m، والمسافة التي تقطعها الشاحنة M على الطريق المنحنية تساوي 130m.



فإن الانطلاق المتوسط لكل منهما يحسب من العلاقة الآتية
الانطلاق المتوسط للشاحنة (K) :

$$\text{Average speed} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{Time interval (s)}} = \frac{100(\text{m})}{10(\text{s})} = 10\text{m/s}$$

لشاحنة (K)

$$\text{Average speed} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{Time interval}} = \frac{130(\text{m})}{10(\text{s})} = 13\text{m/s}$$

لشاحنة (M)

وبما أن مسار الشاحنتين مختلف على الرغم من أن موقعيهما الابتدائي والنهائي عند النقطتين
نفسهم ولهما زمن متساويين، فإن مقدار السرعة المتوسطة لكل منهما يكون متساوياً

$$\text{Average velocity } |\vec{v}_{\text{avg}}| = \frac{\text{displacement traveled}}{\text{Time interval}(\Delta t)} = \frac{100(\text{m})}{10(\text{s})} = 10\text{m/s}$$

لشاحنة (K)

$$\text{Average velocity } |\vec{v}_{\text{avg}}| = \frac{\text{displacement traveled}}{\text{Time interval}(\Delta t)} = \frac{100(\text{m})}{10(\text{s})} = 10\text{m/s}$$

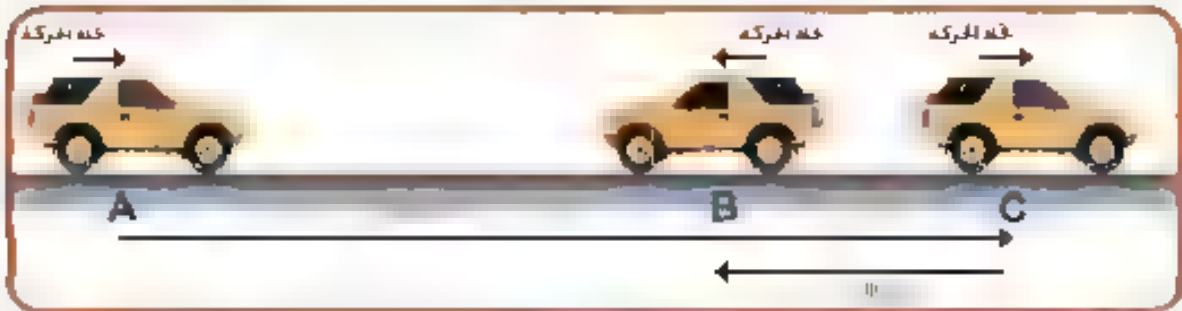
لشاحنة (M)



إذا أنت جسم ما على مسار مستقيم فإن مقدار سرعته المتوسطة يساوي
انطلاقه المتوسط أي أن انطلاقاً يعبر عن مقدار العدي سرعه

السيارة في الشكل (8) بدأت بالحركة من السكون عند النقطة (A) وبالاتجاه الموجب للمحور (x) فوصلت النقطة C بعد مصي (80s) ثم استدارت وتحركت باتجاه معاكس حتى توصلت عند النقطة (B) خلال (20s). احسب:

- 1 الانطلاق المتوسط خلال الفترة الاولى (80s) .
- 2 السرعة للمتوسطة خلال الفترة الاولى (80s) .
- 3 الانطلاق المتوسط خلال الفترة الكلية (100s) .
- 4 السرعة للمتوسطة خلال الفترة الكلية (100s) .



الشكل (8)

الحل /

- 1 عند حركة السيارة من نقطة (A) الى نقطة (C) :

$$\text{Average speed} = \frac{\text{distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600 \text{ (m)}}{80 \text{ (s)}} = 7.5 \text{ m/s}$$

- 2 عند حركة السيارة من نقطة (A) الى نقطة (C) :

فان المسافة التي قطعها السيارة تساوي الازاحة المعطوعة ،لذا فان السرعة المتوسطة للسيارة تساوي انطلاقها المتوسط لانها تحركت بالاتجاه الموجب للمحور (x) فان

$$\text{Average velocity} = \frac{\text{displacement traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600 \text{ (m)}}{80 \text{ (s)}} = 7.5 \text{ m/s}$$

v_{avg}

وبذا نجد ان الانطلاق يعبر عن المقدار العددي للسرعة لكون الحركة على خط مستقيم وبالاتجاه نفسه

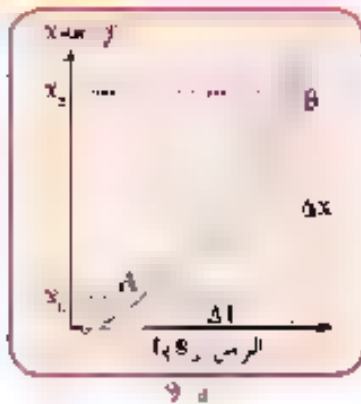
- 3 الانطلاق المتوسط للسيارة اثناء حركتها من نقطة (A) الى نقطة (B) بحسب من العلاقة:

$$\text{Average speed} = \frac{\text{distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600 + 200}{80 + 20} = 8 \text{ m/s}$$

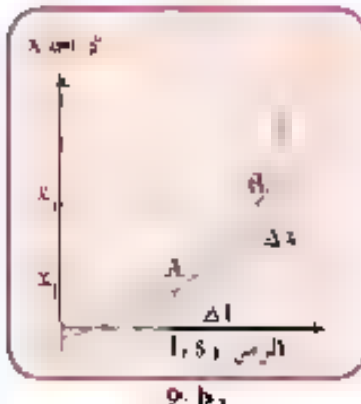
4 عدد أحد الحركة الكنية للسيارة من موقعها لايدنى (A) الى موقعها النهائي (B)
 قال مقدار لراحتي 400 m 200 600 x x x Δx والرسم المستعرضي حلا هذه الحركة
 100 s 20 = 80 t فتكون سرعتها المتوسطة .

$$\text{Average velocity} = \frac{\text{displacement traveled}}{\text{time interval}} = \frac{400(m)}{100(s)} = 4m/s$$

$\underline{v_{avg}}$

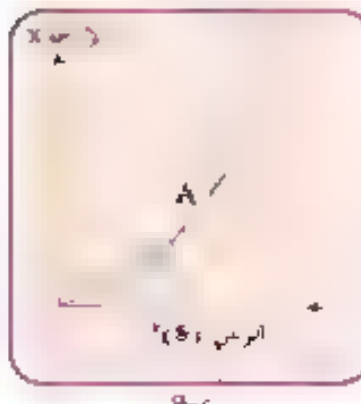


دراسة الحركة بالتفصيل يتطلب معرفة مقدار سرعة
 الجسم عند أية لحظة زمنية .وسرعة الجسم المتحرك
 عند أية لحظة زمنية تسمى **بالسرعة الآنية**
 دعنا نعود الى السيارة في الشكل (8) لحساب
 السرعة المتوسطة من المحطات (الإزاحة -
 الزمن) في الشكل (9) ومن ميل المستقيم (Slope)



$$\vec{v}_{avg} (m/s) = \text{slope} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

و عند تقريب النقطه (B) من النقطه (A) نديم
 يصغر الكثر من (Δx و Δt) . لاحظ الشكل (9 b)
 منحصف على قيم اصغر بميل المستقيم وكبير قيم
 اصغر لمز تقفا المتوسطه



و اذا استمرينا بفريق الموقع (B) فكلما تكبير من الموقع
 (A) فإن موازير كل من (Δx و Δt) تقرب من الصغر
 حتى يصبح الخط المستقيم مماساً للمحسى عند
 النقطه (A) لاحظ الشكل (9 c) و ان ميل هذا المستقيم
 يعطي مقدار لمرعه الآنية للسيارة عند النقطه (A)



ان مقدار سرعته الجسم المتحرك عند أية لحظة في بعض
الاراحة - الزمن ، هو مقدار السرعة الذاتية لجسم في تلك اللحظة

هل تعلم ؟

ان لرقم الذي نراه على اللوحة الموضوعية في
السيارة اسم المتحرك يسير الى الانطلاق الاولي يسمى في
الشكل 10 هو لا يعين اتجاه السير .



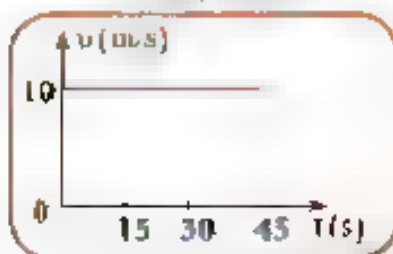
11



الشكل 11



الشكل 12



الشكل 13

ان يحرك جسم m على خط مستقيم وقطع
الخط مسافته خلال فتره t محته مسافه
بفتره t محته ان يحركه الجسم ثابتة وسمى
سرعه بالسرعه ثابتة

بعد ملاحظه الشكل 11 حدد ان السرعه
تتحرك بحد مستقيم فهي تقطع $150m$
في كل $(15s)$ اي انها تحرك بسرعه
ثابتة $10m/s$ وعسا ترسم مخطط
بيانيا ، الارادة - الزمن ، اي $(x-t)$ الشكل
(12) نحصل على خط مستقيم ومن هذا
المستقيم نحاول السرعه المتوسطه .

$$\bar{v}_{avg} = \text{slope} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

والرسم مخطط بيانيا بين (السرعه -
الزمن) نحصل على خط مستقيم فهي
سرعة السيارة ثابتة لمعدل والاتجاه لاحظ
الشكل 13



الشكل 14



الشكل 15

يمكن أن تتحرك مركبة أو شاحنة أو دراجة بسرعة ثابتة المقدار والاتجاه لفترة معينة كما يوضحه الشكل (14) ويمكن أن يزداد مقدار سرعتها خلال فترة زمنية معينة فتكون حركتها عددي بتسارع وقد تنطاط خلال مدة أخرى فتكون حركتها عددي بتباطؤ وقد ينتج التسجيل من حصول تغير في اتجاه سرعة المركبة مع ثبوت انطلاقها عندما تسير المركبة على منعطاف أفقي (بمسار دائري) بانطلاق ثابت فيسمى هذا التسجيل بالتسجيل المركزي ويرمز له بـ (a_c) الشكل (15) فالمعدل الزماني للتغير في مقدار سرعة الجسم يسمى **بتسجيل الجسم** ويرمز له بـ (\vec{a})

وهو كمية منجهة أي أن $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ ، وعندما تكون السرعة ثابتة المقدار والاتجاه يكون تسجيلها يساوي صفرأً $(a=0)$.

a اشتقاق معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة النهائية والسرعة الابتدائية والزمن

لدينا :

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

وإن

$$v_{avg} = \frac{v_i + v_f}{2}$$

و عند تساوي المعادلتين نحصل على :

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_i + v_f}{2}$$

بصرب طرفي المعادلة في Δt

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2} \right) \cdot \Delta t$$

حصل على

b معادلة السرعة النهائية بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتسارع والزمن

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

نحسب من معادلة التسارع

$$a \Delta t = v_f - v_i$$

ونحسب طرفي المعادلة في Δt

$$v_f = v_i + a \Delta t$$

نحصل على

c معادلة الإزاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتسارع والزمن

لنسا معادلة الإزاحة بدلالة السرعة الابتدائية والسرعة النهائية والزمن

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2} \right) \Delta t$$

وبالمعوض عن السرعة النهائية من المعادلة $v_f = v_i + a \Delta t$ في المعادلة أعلاه نحصل على

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + (v_i + a \Delta t)}{2} \right) \Delta t$$

$$\Delta x = \left(\frac{2v_i \Delta t + a(\Delta t)^2}{2} \right)$$

$$\Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a (\Delta t)^2$$

d معادلة السرعة النهائية بدلالة التسارع والإزاحة والسرعة الابتدائية

لنسا معادلة الإزاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والسرعة النهائية والزمن

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) \Delta t$$

ونحسب طرفي المعادلة في Δt نحصل على

$$2\Delta x = (v_i + v_f) \Delta t$$

وبقسمة طرفي المعادلة على $(v_i + v_f)$ نحصل على

$$2\Delta x / (v_i + v_f) = \Delta t$$

نعوض عن Δt في المعادلة $v_f = v_i + a \Delta t$

$$v_f = v_i + a \cdot 2\Delta x / (v_i + v_f)$$

$$v_f (v_i + v_f) = v_i (v_i + v_f) + a \cdot 2\Delta x$$

$$v_f^2 - v_i^2 = a \cdot 2\Delta x$$

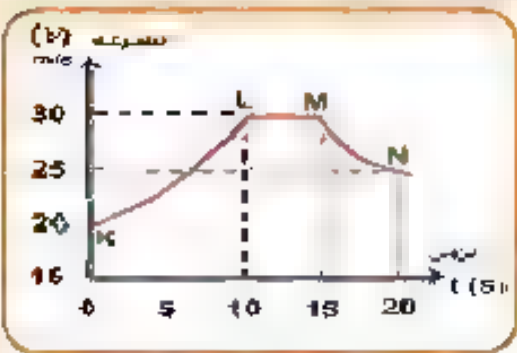
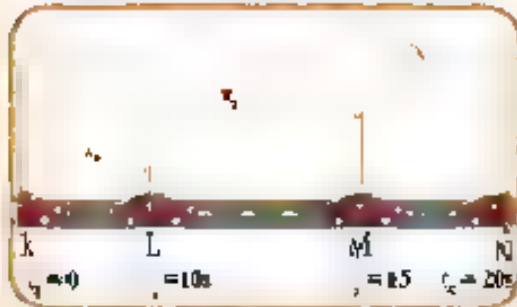
$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$$

وإذا بدأ الجسم بالحركة من السكون فإن $(v_i = 0)$ فتكون المعادلة الأخيرة

$$v_f = \sqrt{2a\Delta x}$$

احسب مقدار التعجيل بين نقطتين والمنحبة على الرسم للسيارة في الشكل

16) عملاً أن $v_K = 20 \text{ m/s}$ ، $v_M = 30 \text{ m/s}$ ، $v_L = 30 \text{ m/s}$ ، $v_N = 25 \text{ m/s}$ خلال الفترات الزمنية الآتية



النقطة 16)

، يكون التعجيل موجباً عند التسارع ،

(1) $t_1 = 0s$ و $t_2 = 10s$ بين النقطتين (K, L)

(2) $t_2 = 10s$ و $t_3 = 15s$ بين النقطتين (L, M)

(3) $t_3 = 15s$ و $t_4 = 20s$ بين النقطتين (M, N)

(4) $t_1 = 0s$ و $t_4 = 20s$ بين النقطتين (K, N)

الحل //

بما أن مول أمسيكليم في البياني (المسرعة- الزمن)

أي (1) الشكل 16) يتناوب التعجيل للحجم

(2) ويكون التعجيل بين النقطتين .

$$(1) \quad a_{(KL)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_L - v_K}{t_L - t_K} = \frac{30 - 20}{10 - 0} = 1 \text{ m/s}^2$$

$$(2) \quad a_{(LM)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_M - v_L}{t_M - t_L} = \frac{30 - 30}{15 - 10} = 0 \text{ m/s}^2$$

، يكون التعجيل صفراً لأن السرعة ثابتة ،

$$(3) \quad a_{(MN)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_N - v_M}{t_N - t_M} = \frac{25 - 30}{20 - 15} = -1 \text{ m/s}^2$$

، يكون التعجيل سالباً لأنه يتباطئ

$$(4) \quad a_{(KN)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_N - v_K}{t_N - t_K} = \frac{25 - 20}{20 - 0} = 0.25 \text{ m/s}^2$$

، يكون التعجيل موجباً لأنه تسارع ،



ويؤثر لتعجيل الجاذبية الارضية على سطح الارض بالمتجه (\vec{g}) ويفترض الحصول على هذا المقدار هو العناية الكبيرة المبذولة لتقليل تأثير الهواء على الاجسام الساقطة الى اني حد ممكن

لذا فإن جميع الاجسام القريبة من سطح الارض و بعيدا عن تأثير الهواء في تلك الاجسام فانها تسقط بالتعجيل نفسه هو تعجيل الجاذبية الارضية ، $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

ويساوي تقريباً (-10 m/s^2) ويكون بإشارة سالبة دائماً لانه يتجه نحو الأسفل ، تدعى هذه الحركة ،

، **المقوط الحر** **Free fall** ، الشكل (20)



للاجسام الساقطة سقوطاً حر ، وبالنوع من $(v = 0)$ في المعدلات الحركة الخطية حصل على :

$$v_f = gt \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta y = \frac{1}{2} gt^2 \dots\dots\dots (2)$$

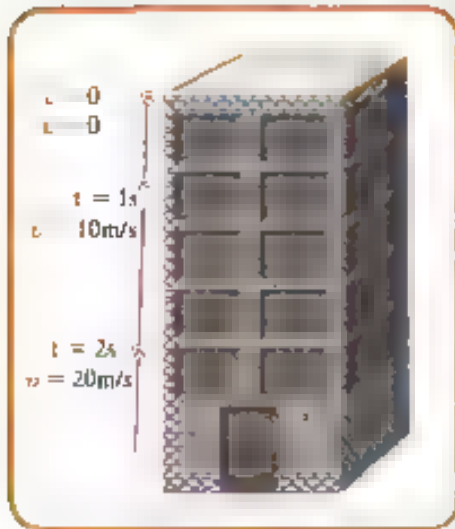
$$v_f = \sqrt{2gy} \dots\dots\dots (3)$$



* عند قذف كرة شاقولياً نحو الاعلى فإن سرعتها تساوي صفراً لحظة وصولها الى اعلى نقطة من مسارها . فهل يعني بالضرورة ان تعجلها يساوي صفراً ؟

* سيارة تسير بحظ مستقيم (باتجاه x) وبتعجيل (باتجاه $-x$) هل يعني ان حركة للسيارة بتسرع ام تباطؤ ؟

من سطح بناية سقطت كرة سقوطاً حرّاً الشكل (21) فوصلت سطح



الشكل (21)

الأرض بعد مدة زمنية (3s) . احسب مقدار :

- 1- ارتفاع سطح البنية
 - 2- سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض وبأي اتجاه ؟
 - 3- سرعة و ارتفاع الكرة فوق سطح الأرض بعد مرور (1s) من سقوطها
- افرض ان مقدار التجهيل الأرضي (g = -10 m / s²)

الحل //

- 1 تكون السرعة الابتدائية v_i للسقوط الحر دائماً = صفراً
طبق معادلة الراحة والتجهيل والزم

$$y = \frac{1}{2} g(t)^2$$

$$y = \frac{1}{2} (-10) \times (3)^2$$

$$y = -45 \text{ m}$$

* الإشارة السالبة تعني ان اتجاه الكرة تتجه نحو الأسفل فيكون ارتفاع سطح البنية فوق سطح الأرض (h = +45 m) .

- 2- لحساب سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض طبق معادلة السرعة والتجهيل والزم :

$$v_f = v_i + g \times t$$

$$v_f = 0 + (-10) \times 3 = -30 \text{ m/s}$$

* الإشارة السالبة تعني ان سرعة الكرة تتجه نحو الأسفل .

- 3- لحساب سرعة الكرة بعد مرور (1s) من لحظة سقوطها طبق معادلة السرعة والتجهيل والزم :

$$v_f = v_i + g \times t$$

$$v_f = 0 + (-10) \times 1 = -10 \text{ m/s}$$

* الإشارة السالبة تعني ان سرعة الكرة تتجه نحو الأسفل ولحساب ارتفاع الكرة فوق سطح الأرض بعد مرور (1s) ، يجب حساب الارتفاع من نقطة سقوطها -

$$y = \frac{1}{2} g \times (t)^2$$

$$y = \frac{1}{2} (-10) \times (1)^2 = -5 \text{ m}$$

فيكون ارتفاع الكرة فوق سطح الأرض (h = 45 - 5 = 40 m)

تمارين

من لحظة عند سطح الارض قذف كرة صغيرة بإتلاق 40 m/s شاقولياً

تحو الأعلى ، بالشكل (22) ، إهمل تأثير الهواء في الكرة ، احسب مقدار

1 - أعلى ارتفاع ممكن أن يصله الكرة فوق سطح الارض

2 - الزمن الذي يستمر فيه الكرة من لحظة قذفها لحين

وصولها إلى أعلى ارتفاع لها .

3 - سرعتها وارتفاعها فوق سطح الارض عند اللحظة

$$(t = 2\text{s})$$

4 - مر عنها لحظة اصطدامها بسطح الارض .



شكل 22

الحل

1 - لحظة وصول الكرة إلى أعلى ارتفاع فوق سطح الارض

تكون سرعتها النهائية $(v_f = 0)$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta y \quad \text{فتكون}$$

$$0 = (40)^2 + 2 \times (-10) \times h$$

أعلى ارتفاع يصله الكرة فوق سطح الارض $h = 80 \text{ m}$

$$v_f = v_i + g \times t \quad 2$$

$$0 = 40 + (-10) \times t$$

الزمن الذي يستمر فيه الكرة من لحظة قذفها لحين وصولها إلى أعلى ارتفاع لها $t_f = 4 \text{ s}$

3 - بحساب سرعة الكرة بعد مرور $(t = 2 \text{ s})$ من لحظة قذفها لنجد

$$v = v_i + g \times t$$

$$v_f = 40 + (-10) \times 2 = 20 \text{ m/s}$$

لحساب ارتفاع الكرة بعد مرور $t = 2 \text{ s}$ من لحظة قذفها لنجد

$$\Delta y = v_i \times t + \frac{1}{2} g \times (t)^2$$

$$\Delta y = 40 \times 2 + \frac{1}{2} \times (-10) \times (2)^2$$

$$h = 60 \text{ m} \quad \text{يكون ارتفاع الكرة}$$

4 - بما أن زمن سقوط الكرة إلى الأرض على ارتفاع لها $t = 4s$

نحسب زمن سقوط الكرة من أعلى ارتفاع لها بعد وصولها إلى سطح الأرض (هنا $v_1 = 0$)

$$Ay = \frac{1}{2} gt_2^2$$

$$-80 = \frac{1}{2} (-10) t_2^2$$

$$t_2^2 = \frac{80}{-5} = 16$$

$$t_2 = 4s$$

كما يمكن إيجاد سرعة الكرة لحظة وصولها إلى الأرض من العلاقة الآتية

$$v_f = v_i + gt$$

لا أن t هو الزمن الكلي الذي يستغرقه الكرة في سقوطها وزمنها $8s$

$$v_f = 40 + (-10) \times 8$$

$$v_f = -40 \text{ m/s}$$

Motion in a Plane



شكل 23



شكل 24

من الأمثلة المعروفة عن حركة الأجسام في بعدين هي حركة جسم مغدوف برأية في مجال الجاذبية لأصية مثل حركة جزيئات الماء الساقطة من الشلال و حركة المرافف الكهربية (لاحظ الشكل 23 و 24) .

والفكرة في وصف حركة الأجسام في بعدين تعتمد على تمثيل هذه الحركة في المحاورين الأفقي (x axis) والعمودي (y axis) ، ويرسم الحركة في كل بعد بشكل مستقل عن بعد الآخر .

مما لا الحركة الأفقية والعمودية لأنهما على المحاورين x و y ، وعطى عليهما سمية المركبة الأفقية والمركبة العمودية .



الشكل 25

حركة المقذوفات الأفقية هي نتيجة محصلة نوعين

من الحركات النوع الأول حركته شاقولية تكون سرعته المقذوف (v_x) متغيرة بالمقدار والاتجاه بسبب تأثير قوة الجاذبية الأرضية فيها والنوع الثاني حركته أفقية تكون سرعته المقذوف (v_x) ثابتة بالمقدار والاتجاه بسبب عدم تأثير قوة الجاذبية

الأرضية فيها فهي عمودية على مركبة مسجدة السرعة (v_y) لاحظ الشكل 25 لد قس السرعة المحصلة بهاتين السرعتين (v_r) نحصل بالمعادلة $v_r^2 = v_x^2 + v_y^2$.

قذف الكرة K بسرعة أفقية مقدارها $v_0 = 40 \text{ m/s}$ من ارتفاع شاقولي h قصير



الشكل 26

الأرض بسرعة مقدارها $v_0 = 50 \text{ m/s}$ ومن

الارتفاع نفسه قذفت الكرة L شاقولياً نحو الأسفل

الشكل 26، بسرعة ابتدائية v_0 قصيرت سطح

الأرض بسرعة مقدارها $v_0 = 50 \text{ m/s}$

أيضا حسب مقدار السرعة v_0 بالكرة L

الحل: نرسم أولاً المركبتين الأفقية والشاقولية

للسرعة النهائية للكرة K، السرعة التي قصرت سطح الأرض.

بما أن مقدار المركبة الأفقية لسرعة القذبة تبقى ثابتاً طبقاً لمسارها في

$$v_{x,r} = v_{x,0} = 40 \text{ m/s}$$

$$v^2 = v_{x,r}^2 + v_y^2$$

$$(50)^2 = (40)^2 + v_y^2$$

$v_{y,r} = 30 \text{ m/s}$ وهي المركبة الشاقولية للسرعة النهائية للكرة K، الإشارة السالبة أمام

مقدار السرعة $v_{y,r}$ تدل على أنها تتجه نحو الأسفل.

ثم نحصل الآن بماع الشاقولي h بتطبيق المعادلة

$$v_{y,r}^2 = v_{y,0}^2 + 2g\Delta y \Rightarrow (-30)^2 = 0 + 2 \times (-10) \Delta y$$

$y = 45\text{m}$, الإشارة السالبة تدل على ان الاراحة نحو الاسفل فيكون الارتفاع $h = 45\text{m}$

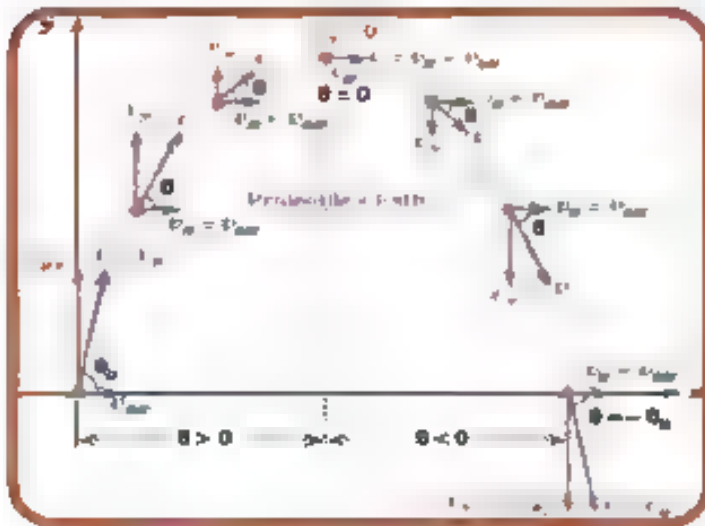
لحساب السرعة الابتدائية (v_{yi}) للكرة L نطبق المعادلة الآتية :

$$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 + 2g\Delta y \Rightarrow (50)^2 = v_{yi}^2 + 2(10)(45)$$

$$2500 = v_{yi}^2 + 900$$

$$v_{yi} = 1600$$

نؤخذ الإشارة السالبة لان اتجاه السرعة نحو الاسفل $v_{yf} = -40\text{m/s}$



كل مقذوف براويزة فوق الافق يتخذ مساراً بشكل القطع المكافئ الموضح في الشكل (27) فإن حركته تكون ببُعدين (افقي و شاقولي) وبتعبير آخر انه يتحرك بمستوي معين ومن ملاحظة الشكل نجد ان بتدقيق حركة افقية ثابتة المعدار والاتجاه بسبب ان المركبة الافقية للسرعة الابتدائية (v_{ix}) هي نفسها عند اية نقطة من مسارها

الشكل (27)

$$v_x = v_{ix} = v_i \cos\theta$$

بينما حركتها الشاقولية تكون حركة ذات تعجيل ثابت وهو تعجيل الجاذبية الارضية فتكون الحركة بتدقيق مسطحة في اثناء صعودها (لان قوة الجاذبية الارضية تكون باتجاه معاكس لاتجاه حركتها) بينما تكون حركتها بنسارع مسطحة في اثناء برولها (لان قوة الجاذبية الارضية تكون باتجاه حركة التدفيع)

$$v_y = v_{iy} + gt$$

$$v_{yf} = v_i \sin\theta + gt$$

سرعة المقذوف v_f عند اية لحظة من الزمن يسوي محصلة المركبة الافقية \vec{v}_x والمركبة الشاقولية \vec{v}_y

$$v_f = v_x + v_y$$

وبما ان v_x عمودية على اتجاه v_y لذا فان مقدار محصلتهما نحسب من

$$v_f = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

a - معادلة لحساب الزمن الكلي المستغرق في طيران المقذوف :-

بحسب الزمن الذي يستغرقه المقذوف للوصول الى اعلى ارتفاع له (t_{rise}) (نعوض عن g بإشارة سالبة لأن اتجاهه نحو الأسفل)

نطبق المعادلة

$$t = \frac{v_{iy} - v_{fy}}{g}$$

فنحصل على :

و عند مرور المقذوف من قمة مساره و وصوله الى المستوى الأول الذي قذف منه فإن الزمن الذي يستغرقه في بروليه يساوي زمن صعوده من نقطة قذفه حتى وصوله الى قمة مساره إذا فإن الزمن الكلي الذي يستغرقه المقذوف من لحظة قذفه الى لحظة وصوله الى المستوى الأول الذي قذف منه يساوي ضعف زمن صعوده الى أعلى نقطة من مساره و عندئذ تكون معادلة الزمن الكلي للمقذوف هي :

$$t_{total} = \frac{2v_{iy} \sin \theta}{g}$$

b - معادلة لحساب اعلى ارتفاع (h_{max}) يصله الجسم المقذوف

بما أن المركبة الشاقولية لسرعة المقذوف برأيه فوق الأفق عند أعلى نقطة من مساره تساوي صفراً

$$v_{fy} = 0$$

$$v_{fy}^2 = v_{iy}^2 - 2g\Delta y$$

نطبق المعادلة :

$$0 = v_{iy}^2 \sin^2 \theta - 2gh$$

$$2gh = v_{iy}^2 \sin^2 \theta$$

$$h_{max} = \frac{v_{iy}^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

c - معادلة حساب المدى الأفقي :

المدى الأفقي هو الراحة الأفقية التي يقطعها الجسم المقذوف خلال الزمن الكلي للطيران ويرمز له بـ (R) وبما أن السرعة الأفقية للمقذوف ثابتة المقدار والاتجاه فإن :

$$R = v_{ix} t$$

$$R = (v_i \cos \theta_i) t$$

$$\Delta y = v_{iy} t - \frac{1}{2} gt^2$$

$$0 = (v_i \sin \theta_i) t - \frac{1}{2} gt^2 \rightarrow t = \frac{2v_i \sin \theta_i}{g}$$

$$\therefore R = (v_1 \cos \theta_1) t$$

$$2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta \quad \text{بما أن}$$

$$R = \frac{2v_1^2}{g} \sin \theta_1 \cos \theta_1 \Rightarrow R = \frac{v_1^2}{g} \sin 2\theta \quad \text{فإن}$$

يستنتج من هذا القانون أن أكبر مدى تقطعه القذبة هو عدم تكرار زاوية انطلاقها (θ_1) تساوي 45° وعندها يكون أعظم مدى اقني للقذبة

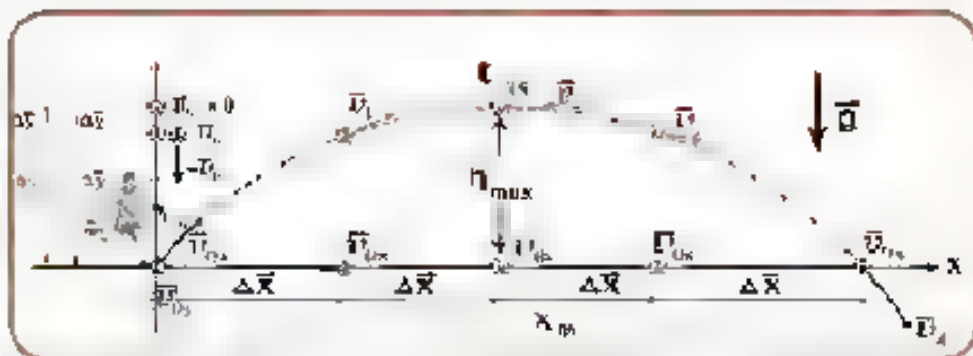
$$R_{max} = \frac{v_1^2}{g}$$

لاعب كرة القدم ركل بقدمه الكرة الموضوعة على سطح الأرض بشكل

(28) فكتب سر عنها الابتدائية $(v_{initial} = 20 \text{ m/s})$ بزاوية $(\theta = 37^\circ)$ فوق الأرض

احسب مقدار :-

- 1 - أعلى ارتفاع فوق سطح الأرض نصبه الكرة
- 2 - الزمان الذي يستغرقه الكرة من لحظة صربها حتى وصولها إلى قمة مسارها ثم بحسب الأمر الكلي من لحظة صربها حتى لحظة اصطدامها بسطح الأرض
- 3 - المدى الأفقي للكرة خلال حركتها من لحظة صربها حتى لحظة اصطدامها بالأرض
- 4 - سر عنها قبل لحظة اصطدامها بسطح الأرض وبأني اتجاه ؟
- 5 - أعظم مدى اقني لهذا المقذبة ؟



الحل:

1 - بحسب ما لا امر كرة الإقذبة يسر عنه الابتدائية للكرة :

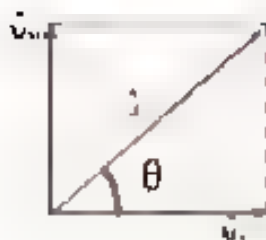
$$v_x = v_{initial} \times \cos \theta$$

$$v_x = 20 \cos 37^\circ = 20 \times 0.8 = 16 \text{ m/s}$$

بحسب ذاتي الأمر كنه الشاق لإيه يسر عنه الكرة :

$$v_y = v_{initial} \times \sin \theta$$

$$v_y = 20 \sin 37^\circ = 20 \times 0.6 = 12 \text{ m/s}$$



وبما ان سرعة الكرة وهي في قمة مسارها $(v_{yf} = 0)$ تطبيق المعادلة

$$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 + 2g\Delta y$$

$$0 = (12)^2 + 2(-10)\Delta y$$

$$\Delta y = 144 / 20$$

$$\Delta y = 7.2m$$

فيكون اعلى ارتفاع الكرة فوق سطح الارض $(h = 7.2m)$

2- لحساب الزمن الكلي لطيران الكرة يتطلب حساب اولا الزمن المستغرق من لحظة

ركلها حتى لحظة وصولها الى قمة مسارها :

$$v_{yf} = v_{yi} + g \times t$$

$$0 = 12 + (-10) \times t_1$$

$$t_1 = 1.2s$$

ثم نحسب الزمن الذي تستغرقه الكرة في انشاء نزولها من قمة مسارها حتى لحظة اصطدامها

بسطح الارض [تسقط سقوطا حرا من ارتفاع $(h = 7.2m)$] .

بما انها تتجه نحو الاسفل يكون $\Delta y = 7.2m$

$$\Delta y = \frac{1}{2} g \times (t_2)^2 \quad \text{فتكون}$$

$$-7.2 = \frac{1}{2} (-10) \times (t_2)^2$$

$$-7.2 = -5 \times (t_2)^2$$

$$t_2 = 1.2s$$

فيكون الزمن الكلي = زمن الصعود + زمن النزول

أو الزمن الكلي = زمن الصعود الى اعلى نقطة $\times 2$

$$2.4s = 1.2s + 1.2s$$

$$t_{total} = 2.4s$$

3- المدى الافقي - المركبة الافقية للسرعة الابتدائية $v_x = v_i \times \cos \theta$ مصروب في

$$R = v_x \times t_{total} \quad \text{للمن الكلي}$$

$$R = 16 \times 2.4 = 38.4m$$

4- لحساب سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الارض v_f يتطلب حساب المركبتين الافقية

و الشاقولية لهذه السرعة وبما ان المركبة الافقية لسرعة الكرة ثابتة طيلة مسارها

$$(v_x = 16m/s) \quad \text{لذا يتطلب حساب مركبتها الشاقولية } (v_{yf})$$

$$v_{yf} = v_{yi} + g \times t_2$$

$$v_{yf} = 0 + (-10) \times 1.2 = -12 \text{ m/s}$$

[الإشارة السالبة تدل على أن اتجاه المركبة الساقونية ليس هو الاتجاهية نحو الأسفل]

نما في مركبتين لأفقية والساقونية متعامدين (الشكل 27)

$$\vec{v}_r = \vec{v}_{xf} + \vec{v}_{yf}$$

$$v_r^2 = (16)^2 + (-12)^2$$

$$v_r^2 = 256 + 144 \Rightarrow v_r = 20 \text{ m/s}$$

نجد أن هذه السرعة تعطي النسبة المئوية :

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-12}{16} = \frac{3}{4}$$

$$\theta = 37^\circ$$

[الإشارة السالبة تعني أن الزاوية تقع تحت الأفق]

5. لحساب أقصى مدى أفقي لهذا المقذوف نحتاج عدم تكو زاوية قذفه 45° فوق الأفق

و نطبق المعادلة :

$$R_{\max} = \frac{u^2}{g}$$

$$R_{\max} = \frac{(20)^2}{10} = 40 \text{ m}$$

(أسئلة الفصل الثاني)

س 1:

اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية

1 الحركة تعبير يعود إلى التعبير في موقع الجسم نسبة إلى

a) أحد الأجسام

b) إطار اسناد معين .

c) الشمس

d) المسحب

2 جسمان مماثلان في الشكل والحجم ولكن وزن أحدهما ضعف وزن الآخر سقطت سوياً

من قمة برج (باهمال مقاومة الهواء) قال :

a) الجسم الأثقل سيصرب سطح الأرض أولاً ويمتلك التسريع نفسه

b) الجسمان يصلان سطح الأرض في لحظة نفسها ولكن الجسم الأثقل يمتلك شتلاً أكبر

c) الجسمان يصلان سطح الأرض في اللحظة نفسها وبالاشتقاق نفسه ويمتلك التسريع نفسه

d) نفسه

e) الجسمان يصلان سطح الأرض في اللحظة نفسها ولكن الجسم الأثقل يمتلك تسريعاً أكبر

3 تسريع الجسم المنقوط شاقولياً نحو الأعلى (باهمال مقاومة الهواء) :

a) أكبر من تسريع الجسم المنقوط شاقولياً نحو الأسفل

b) أقل من تسريع الجسم المنقوط شاقولياً نحو الأسفل

c) يساوي تسريع الجسم المنقوط شاقولياً نحو الأسفل

d) أكبر من تسريع الجسم الساقط سقوطاً حر نحو الأسفل

4 تصور أنك أكبر دراجة وتتحرك بإشتاق ثابت بحط مسطوح ، ويبدك كرة صغيرة

فداه قذف الكرة شاقولياً نحو الأعلى (باهمال مقاومة الهواء) ، فس الكرة مسقط .

a) تمامك

b) خضك

c) يبدك

d) أي من الاحتمالات السابقة ويعتمد ذلك على مقدار اشتقاق الكرة



5 في كل من الأمثلة الآتية السيارة متحركة ، في أي منها لا تمتلك تعجلاً ؟

- السيارة متحركة على مسطح أفقي بانطلاق ثابت (50 km h^{-1})
- السيارة متحركة على طريق مستقيمة بانطلاق ثابت (70 km h^{-1})
- سافست سرعة السيارة من (70 km h^{-1}) إلى (30 km h^{-1}) خلال (20 s)
- انطلقت سيارة من السكون فبلغت سرعتها 40 m s^{-1} بعد مرور (60 s) .

6 عند رسمك للمخطط البياني (السرعة - الزمن) (v, t) يكون المحط المستقيم

الأفقي المرسوم في المحط يعبر عن حركة جسم إذا كانت - السرعة (v)



- سرعتها تساوي صفراً .
- سرعتها ثابتة في المقدار والاتجاه .
- سرعتها متزايدة في المقدار بانتظام .
- سرعتها متناقصة في المقدار بانتظام .

7 في المحط البياني (الراحة - الزمن) (x, t) يكون المحط المستقيم المائل إلى

الأعلى نحو اليمين المرسوم في المحط يعبر عن حركة جسم عندما تكون

الراحة (x)



- سرعتها تساوي صفراً .
- سرعتها ثابتة في المقدار والاتجاه .
- سرعتها متزايدة في المقدار بانتظام .
- سرعتها متناقصة في المقدار بانتظام .

8 درجة تحرك في شارع مستقيم يتطو منظم يكون الرسم البياني (السرعة

- الزمن) لتحركتها عبارة عن -

- خط مستقيم يميل إلى الأعلى نحو اليمين
- خط مستقيم يميل إلى الأسفل نحو اليمين
- خط مستقيم أفقي
- خط منحنى يميل إلى الأعلى يزداد مع الزمن

9 قذف حجر شاقولياً نحو الأعلى فوصل أعلى ارتفاع له (y) ثم سقط سقوطاً حراً من ذلك الارتفاع رافعاً إلى النقطة التي قذف منها، فإن سرعته المتوسطة تساوي -

a صفر
 b $2 \frac{y}{t}$
 c $\frac{y}{t}$
 d $\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{y}{t}\right)$

10 يعرف شخص على سطح ساية ويحمل في كلتي يديه كرتين صغيرتان متماثلتان في الكتلة والحجم (حمراء و حصراء) فإذا قذف الكرة الحمراء بسرعة معينة وترك الكرة الحصرية تسقط سقوطاً حراً من الارتفاع نفسه فإن :

- a الكرتين تصلان سطح الأرض في آن واحد ولكن انطلاق الكرة الحمراء أكبر من انطلاق الكرة الحصرية لحظة وصولهما سطح الأرض.
- b الكرة الحمراء تصل سطح الأرض قبل الكرة الحصرية وبانطلاق أكبر منها
- c الكرة الحصرية تصل سطح الأرض قبل الكرة الحمراء وبانطلاق أكبر منها
- d الكرتان تصلان سطح الأرض في آن واحد وبانطلاق متساوٍ .

س2 في أي نوع من الحركة يكون مقدار السرعة المتوسطة يسوي مقدار السرعة اللحظية ؟

س3 ما مقدار سرعته وتعجيل الجسم المقذوف نحو الأعلى وهو في قمة مساره ؟

س4 إذا كان العداد الموصوع أمام السائق في السيارة يشير إلى (70 km/h) خلال مدة زمنية معينة هل يعني ذلك هذه السيارة تتحرك خلال تلك المدة بانطلاق ثابت ؟ أم بسرعة ثابتة ؟ أم بتعجيل ثابت ؟ وضح ذلك .

س5 وضح فيما إذا كانت السرعة في الأمثلة الآتية تمتلك تعجيلاً خطياً أو مركزياً أو كليهما .

- a دراجة تسير بانطلاق ثابت على طريق مستقيم .
- b دراجة تسير بانطلاق ثابت على مدعطف أفقي
- c دراجة تسير بانطلاق ثابت على أحد جانبي طريق مستقيم ثم تتعطف وتعود تسير باتجاه معاكس وبانطلاق ثابت على الجانب الآخر من الطريق .

مسائل

مس 1 : سيارة تتحرك بسرعة 30 m/s ، فلما ضغط سائقها على الكوابح سحر كبت السيارة

حبطتو (6 m/s^2) حسب هذا

- 1) سرعة السيارة بعد 2 s من تطبيق الكوابح
- 2) الزمن الذي تستغرقه السيارة حتى تتوقف عن الحركة
- 3) الأرخه التي تقطعها السيارة حتى تتوقف عن الحركة

مس 2 : سقط حجر سقوطاً حراً من جسر واضطدم بسطح الماء بعد 2 s من لحظة سقوطه
احسب مقدار

- 1) ارتفاع الجسر فوق سطح الماء
- 2) سرعة الحجر فوق سطح الماء بعد 1 s من سقوطه
- 3) سرعة الحجر لحظة اصطدامه بسطح الماء

مس 3 : طائرة تحلق في الجو بسرعة أفقية 150 m/s وعلى ارتفاع 2000 m فوق سطح الأرض ، فاز سقطت معها حقيبة بحسب

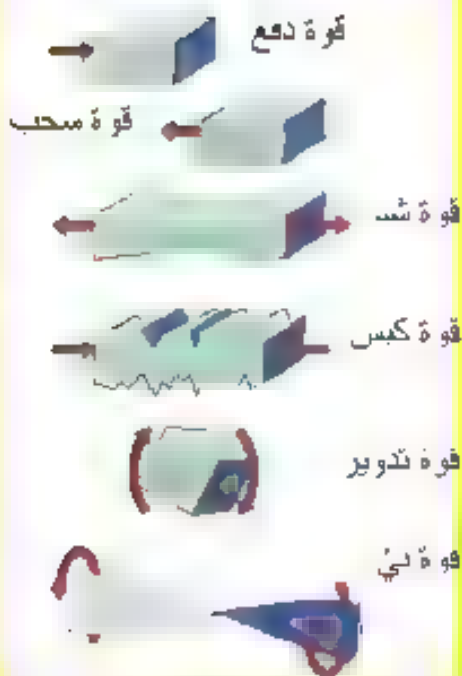
- 1) بعد الاتقي للنقطه التي اصطدم بها الحقيبة على سطح الأرض من الخط
- للتأقولي لبعطه سقوطها من الطائر
- 2) مقدار وانجاه سرعه اصطدام الحقيبة بسطح الأرض

مس 1 : من نقطة على سطح الأرض قذف حجر ساقولياً نحو الأعلى فوصل قمة مساره بعد 3 s من لحظة تذفه ، احسب

- 1) مقدار السرعة التي قذف بها الحجر
- 2) أعلى ارتفاع يصله الحجر فوق سطح الأرض
- 3) الأرخه الكلية والزمن الكلي خلال حركته

The Laws of Motion قوانين الحركة

3



القوة هي. المؤثر الذي يغير أو يحاول تغيير الحالة الحركية للمجسم أو شكل الجسم، وسلوك الأجسام يعتمد على محصلة القوى المؤثرة فيها ، مثلاً عندما تترك كرة القدم بقدمك لاحظ الشكل (1) يمكنك ان تتحكم بانطلاق الكرة او اتجاهها وهذا يعني ان القوة كميته متجهة تماماً مثل السرعة و التعجيل .
وإذا سحبت الطرف السفلي لبعض محلزن مثبت من طرفه العلوي في نقطة فان البابس سيتمطيل لاحظ الشكل (2).

وكذلك عدم سحب حصان الرلاجة في الشكل (3) فان الرلاجة ستتحرك باتجاه قوة السحب .



شكل 3

علاوقى انواع عدة وتأثيرات كثيرة تتضمن السفع و المسحب و الشد و الكبس و التكويز و (اللي) لاحظ الشكل (4) وحدة قياس القوة في النظام الدولي

للوحدات SI هي **Newton**

$$1\text{N} = 1\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

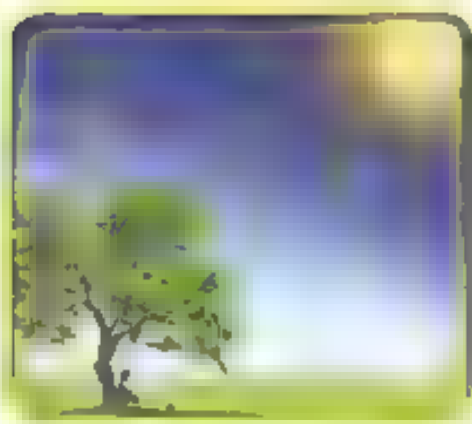
الشكل (4)



الشكل 5

من المعروف أن القوى تأتي من جسمين متلامسين أو من قوى أساسية في طبيعتها هي قوة الجاذبية ، والقوة الكهربائية والمغناطيسية والقوة النووية

أ. قوة الجاذبية



الشكل 6

هي قوة التجاذب المتبادلة بين أي كتلتين في الكون وهذه القوة تكون أكبر فوه خداس الجسم المتطور .
مثلاً قوة الجاذبية التي توتر فيها الشمس على الأرض
لاحظ الشكل 6 ، والتي تبقى الأرض تنور في مدارها
حول الشمس على الرغم من البعد الكبير بينها

وبالرغم من رجه - كواكب أخرى بينها ، والأرض
تدور بها بسطد قوة جاذبية على الأجسام فوق سطحها

أو بالعبارة أخرى سطحها (و تسمى قوة الجذب التي يسلطها الكوكب أو القمر على الأجسام القريبة منه بوزن الجسم).



الشكل 7

ب. القوة الكهربائية والمغناطيسية :-

ومن شأنها القوة للكهربائية بين شحنتين

كهربائيتين مثل اتجاه فصلت لهما ، ثم فمشت

بمثالوك بقطعة صوفه لاحظ الشكل 7 ، والقوة

المغناطيسية التي تظهر بين قطبين مغناطيسيين

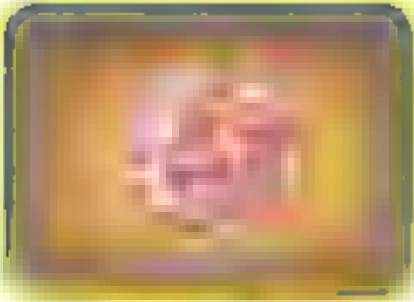
أو انجذاب قطعة الحديد نحو مغناطيس

لاحظ الشكل 8 ،

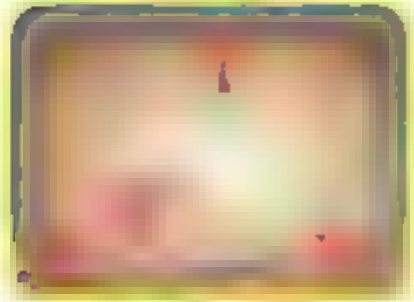


الشكل 8

ج. القوة النووية :-



شكل 9a



شكل 9b

واحدة من القوى الأساسية الموجودة في الطبيعة

وتكون على نوعين لاحظ الشكل (9)

النوع الأول : قوة نووية قوية :- وهي التي تربط مكونات

المادة (نوكليونات) مع بعضها لاحظ الشكل (9a)

النوع الثاني : قوة نووية ضعيفة :- وهي المسؤولة عن

تحلل جسيمات بيتا التي تحدث في جن المواد لأجل

الشكل (9b)

2 3

هذا آخرى العالم خلال سلسلة من الحركات إذ تسعين ممسوسين مصغولين مائلين متعاقبين

لاحظ الشكل (10) و ترك كرة تتدحرج من قمة السطح الأول من مقدار سرعتها يزداد في

انتهاء دروبها وتبلغ مقدارها الأعظم عند أسفل السطح الأول و عندما تصعد هذه الكرة على السطح

الثاني يقل سرعتها حتى تتوقف عند ارتفاع تقرأاً يسوي ارتفاعها الأول

الشكل (10 a) و عند جعل

ممر السطح الثاني أقل من كس عليه

سقف واحد ان الكرة في هذه

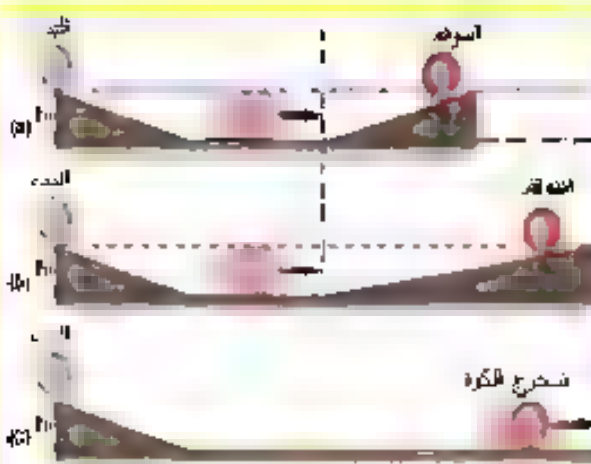
الحالة تستمر على الحركة وتتوقف

بعد ان تقطع مسافة أكثر من الحالة

الأولى الشكل (10 b)

و عند جعل السطح الثاني أفقياً

وجد ان الكرة تستمر في حركتها



شكل 10

على السطح الأفقي و ترتقب في حالة التماس الاحتكاك الشكل (10 c)

من هذه المشاهدات يمكن تعريف القصور الذاتي الجسم بأنه خاصية الجسم في مقاومة التغير

الحاصل في حاله لحركية، فلا تتغير سرعة الجسم إذا كان صافي القوة المؤثرة فيه تساوي صفراً

ولهم علاقة بالقصور الذاتي بكسة الجسم تصوره لك في ملعب رياضي و اللعب لكك كرنال على

فقراد كالب لأولى كره مصدده و الثاني كره الجسيم ل



الشكل 11

١١٨. حروف مصف، كل منهما يندفع من فوق من يكون القوة التي تسببها لأجل مع كل منهما عن حركتها؟ لاحظ الشكل (11)، نجد عند س كرة البيسبول يندفع إلى قوة أكبر لا عفاها من القوة للحرمة لا عفاها كرة المصدة، لا كرة البيسبول كتلتها أكبر فهي تؤدي مقاومة أكبر على تغير حالتها الحركية

مستنتج من ذلك

الفصل ١١ الذاتي للجسم يعتمد على كتلة الجسم
في أن الفصل الذاتي هي تلك الخاصية التي يمتلكها الجسم، التي تحدد مقدار المقاومة التي يسببها الجسم لأي تغيير في حالته الحركية

١١.١.١. قانون نيوتن الأول للحركة

سمى العالم الفيزيائي إسحاق نيوتن طريقته في الحركة من خلال القوانين الثلاثة التي عرفها باسم قوانين نيوتن في الحركة، والتي رصفها من خلالها، سبب القوى في حركة الأجسام

القانون الأول لنيوتن :-

يسمى هذا القانون بقانون الفصل الذاتي وقد توصل إليه هذا القانون بالاعتماد على أفكار غاليليو ونص على أن

إذا بقي جسم ما متحركاً في خط مستقيم بسرعة ثابتة في الفراغ، فإنه يبقى

الساكن يعني ساكناً وإذا كان متحركاً بسرعة منتظمة فإنه يبقى

متحركاً بسرعة منتظمة



الشكل 12

لو كنا جالسين في سيارة واقفة، ماذا نشعر عندما يتحرك السيارة بصورة مفاجئة؟ سنحس نحو الأمام لاحظ الشكل (12)، نجد أن جسمك يندفع إلى الخلف وهذا يعني أن جسمك قاوم التغير الحاصل في حالته الحركية الذي كان عليها فهو يحاول البقاء ساكناً

وعندما تتوقف السيارة بصورة مفاجئة بعد حركتها بحظ مستقيم بانطلاق ثابت تجد ان جسمك يدفع الى الامام وهذا يعني ان جسمك يقاوم التغير الحاصل في مقدار سرعته لاحظ الشكل (12b)



الشكل (12b)

اما اذا تحركت السيارة التي انت جالس فيها على مسعف افقي وبانطلاق ثابت ، تجد ان جسمك يحاول ان يستمر في حركته المستقيمة باتجاه المماس فهو يقاوم التغير الحاصل في اتجاه سرعته لاحظ الشكل (12c) .



الشكل (12c)

من المشاهدات الثلاث السابقة نفهم ان الجسم

الساكن يحاول البقاء ساكناً الشكل (12a)

والجسم المتحرك بسرعة ثابتة المقدار وبحظ مستقيم يحاول ان يقاوم التغير في مقدار سرعته لاحظ الشكل (12b) او يقاوم التغير في اتجاه سرعته الشكل (12c) هذا مانص عليه القانون الاول لنيوتن .

المسور الثاني:

الملاحظة:

فلم ، حلقة مسد ، خفيفة من معدن ، قبيبة مفعو حة الفوهة .

المواد المستخدمة:

الحصول على:

- صنع القنبية بوضع شاقولي على سطح مسددة افقية
- صنع الحلقة المعدنية بمستوى شاقولي فوق فوهة القنبية
- صنع القلم بوضع شاقولي ويهدوء فوق الحلقة الشكل (13a) .
- اصرب بيدك الحلقة بسرعة بقوة افقية من منتصفها الشكل (13b) .
- تجد ان الحلقة تزاح جانباً ويسقط القلم داخل القنبية الشكل (13c) .



نتائج من الملاحظة

1 ان الحلقة عندما اثرت فيها القود الافقية، تحركت بتعجيل مع بقاء القلم ساكناً لحطبا في موضعه لعدم وجود قوة احتكاك

2 ولعلم وجود قوة تؤثر في القلم فانه يسلمر في سكوبه ويسقط دحل القبة بشير قوة الجاذبية الارضية .



1 لا يمكن تحريك البحرة الكبيرة من السكون بواسطة رورق صغير يؤثر فيها بقوة
لاحظ الشكل (14)

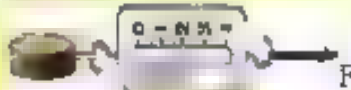


2 يدفع الراكب على حصال الى الامام (عندما يتوقف الحصان بصورة مفاجئة) ما تفسير ذلك ؟

القانون الثاني لنيوتن :-

لقد فهمت من القانون الاول لنيوتن، ما حدث للجسم في حالة انعدام محصلة القوى الخارجية المؤثرة فيه، فان الجسم الساكن يبقى ساكناً، وإذا كان متحركاً فإنه يستمر في حركته بخط مستقيم وبانطلاق ثابت . اما القانون الثاني لنيوتن فهو يجيب عن سوال قد يطرح، وهو ماذا يحصل للجسم عندما تؤثر فيه محصلة قوى خارجيه؟

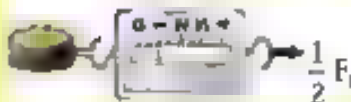
للأجابة عن هذا السؤال يقوم بعمل النشاط الآتي:



التميز يساوي (a)



التميز يساوي (2a)



التميز يساوي $\left(\frac{1}{2} a\right)$

15

خط (1)

ومقدار القوة المؤثرة فيه بثبوت الكتلة .

لنوات النشاط: قبان حلزوني، قرص معدني، سطح افقي أملس.

خطوات العمل

• ثبت احد طرفي القبان بحافة القرص وامسك طرفه الاخر بيديك.

• اسحب القرص بقوة افقية مقدارها (\vec{F}_1)

تجد ان القرص يتحرك على السطح الافقي

بمعجل مقدار \vec{a} لاحظ الشكل 15a

$$\sum \vec{F} = (2\vec{F}_1)$$

نجد ان العرصر يتحرك على لسطح افقي يتحرك بكر يفرض فيه (2a) في يتخذ عت

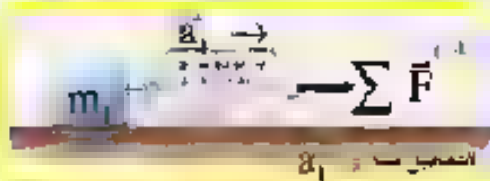
بمعجل الجسم عد مم معه صافي القوة المؤثرة في الجسم (لاحظ الشكل 15b)

$$\sum \vec{F} = \left(\frac{1}{2} \vec{F} \right)$$

نجد في العرصر يتحرك على لسطح افقي يتحرك بكر يفرض فيه $\left(\frac{1}{2} \vec{a} \right)$

نستنتج من النشاط:

ان نعطيل للجسم يتناسب طر ساً مع صافي محصلة القوى المؤثرة في الجسم وبسعة زوايا باتجاهها اي ان $\sum \vec{F} \propto a$ حيث كتلة الجسم



العلاقة بين معجل الجسم

وكتلته يتوحد القوة

الشكل (2)

تولت النشاط. قيس خبر في



مكعبات من الخلع + سطح افقي أملس

حصول النشاط

- صنع مكعب الخلع وكتلته m_1 على السطح

لافتي لا أملس

- ثبت احد طرفي الخلع بالمكعب و امسك طرفه

الآخر بيدك

- اسحب المكعب الاول بقوة افقيه مقدار \vec{F}

$$\sum \vec{F}$$

16a لاحظ الشكل

- صنع المكعب الثاني من الخلع لذي كتلته m_2 في صعب كتلة المكعب الاول على السطح

لافتي لا أملس

- اسحب المكعب الثاني ولذي كتلته $m_2 = 2m_1$ بالقوة الافقيه نفسها المبسطه

على المكعب الاول $\sum \vec{F}$ لاحظ الشكل (16b) نجد ان المكعب يتحرك

بمعجل يساوي (\vec{a}_2) بفر من عه ساوي حسب مقدار المعجل (a_1) $\vec{a}_2 = \frac{\vec{a}_1}{2}$

- صيغ المكعب لأول ذو الكتلة (m_1) فوق المكعب الثاني ذو الكتلة (m_2)
لاحظ الشكل (16c).
- اسحب المجموعة بالقوة الأفقية نفسها المسلطة على المكعب الأول $\sum \vec{F}$
تجد أن المجموعة ستتحرك بتسارع يسوي \vec{a}_3 مقدارها يفترض أنه يسوي -
$$\vec{a}_3 = \frac{\vec{a}_1}{3}$$

نستنتج:

أن تسارع الجسم يتناسب عكسياً مع كتلته الجسم بثبوت صافي القوة المؤثرة ،

$$a \propto \frac{1}{m}$$

من الاستنتاج نجد أن

$$\vec{a} \propto \frac{\sum \vec{F}}{m}$$

وعندما يكون مقدار القوة المؤثرة في الجسم $\sum F = 1N$ وكتلة الجسم ($m = 1kg$) فإن الجسم سيتحرك بتسارع مقداره ($1m/s^2$).

Force mass acceleration

وهذا يعني أن $\vec{F} = m\vec{a}$ وهي الصيغة الرياضية للقانون الثاني لنيوتن

الوزن والكتلة :-



شكل 17

من الواضح لدينا أن جميع الأجسام على سطح الأرض تتأثر بقوة جذب نحو مركز الأرض، فالقوة التي تؤثر بها الأرض على الأجسام هي قوة الجاذبية (F_g) وأن مقدار قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في الجسم تسمى وزن الجسم (w) ، أي أن :

Weight mass acceleration of gravity

$$\vec{w} = m\vec{g}$$

وطبقاً للقانون الثاني لنيوتن فإن:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

وعند يكون $\vec{r} = 0$ ونجميع لأجسام الساقطة سقوط حر (كف مر في الفصل الثاني) بسقط سحيد
الحالة لا، صته (g) ، سحه نحو مركز الأ ص (فوضع انشده سألده انما اسم مقدار ه) وسعر
و ر الجسم عسق ويتجز بعد الجسم عن مركز الأ ص طبقا لقانون الجذب العام نيوتن الذي
يصل

كبر خدای فی کون

$$\sum \vec{F} \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$\text{Gravitational force} = \text{Constant} \times \frac{\text{First mass} \times \text{second mass}}{\text{Displacement square}}$$

$$\sum \vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

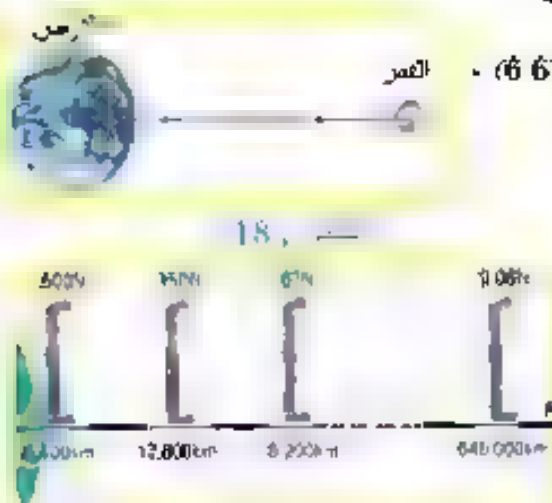
$\sum \vec{F}$ تمثل صافي القوة وهي قوة الجاذبية الا صيه

G ثقل الجيب العام ومقداره $6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{(\text{kg}^2)}$

בת, **השקפה** לא, **לי**

 m_3 الكتلة الثانية

d. البعد بين مركزي العدس.



السفر (19)

معاً في حقل أريج الحديقة الأرضية صغير صغير

بعض مجسم من مركز الأرض. بعد عدة اجراءات

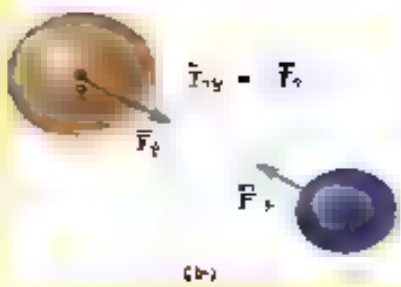
أفترض أنك بصيكت قصة هي السعيد يرثها أنت علي

سطح الارض وبعثتك رفك الفصاء بيصاً مطعة من الذهب وزدها (1N)

وهو علي منصف القمر . هل انت وورث الغصاء بملكان النكته بضمها مر

الذی یب^۴ و رازی عنکد یمثلک دھبا اکبر کظہ

القانون الثالث لنيوتن :-



الشكل 20

قد تتأثر بيوت في قانونه الثالث طبيعة القوى التي تؤثر في الاجسام ، ولوصح ان القوى دائما تكونا متروحة لاحظ الشكل 20 ، وهذا اثر الجسم الاول (m_1) بقوة (\vec{F}_{12}) على الجسم الثاني اثر الجسم الثاني (m_2) سيؤثر بقوة (\vec{F}_{21}) على الجسم الاول ، كما ان هاتين القوتان متساويتين في المقدار ، متعاكستين في الاتجاه اي ان $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ ونعلم ان على خط فعل واحد وتؤثران في جسمين مختلفين

ومن الجدير بالذكر انه لا يحصل الاثر ان يتأثر هذين القوتين فهما تؤثران في جسمين مختلفين وليس في جسم واحد

يسمى الفرد (1) بقوة الفعل ، ويسمى بقوة (2) بقوة رد الفعل



شكل 21

لاحظ الشكل 21 ، نجد ان المطرقة (hammer) تؤثر بقوة (F_1) على المسامير (nail) التي تمثل الفعل ، هيكون رد فعل المسامير على المطرقة (F_2) لقد صاغ نيوتن قانونه الثالث بالصيغة التالية «لكل قوة فعل هناك قوة رد فعل تساويها بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه ولها خط التأثير نفسه وتؤثران في جسمين مختلفين»

النتيجة :- ان قوة الفعل ورد الفعل هما قوتان متساويتان بالمقدار ومتعاكستين بالاتجاه تؤثران في جسمين مختلفين

الفعل على خط فعل متعاكس



شكل 22

في حياتنا اليومية نوجد مشاهدات تمكننا من فهم القانون الثالث لنيوتن

« عند السير على الارض ، فإن قدم الشخص تدفع الارض بقوة لها مركبة تفعه تتهجه نحو الخلف وفي الوقت نفسه قار الارض تدفع قدم الشخص بقوة لها مركبة تفعه تتهجه الى الامام وهذه المركبة تسير في حركة الشخص لاحظ الشكل 22



في رياضة التجديف ، فإن الجالس في القارب يدفعون الماء بقوة إلى الخلف بواسطة المجذاف ، وهي قوة فعل ، وفي الوقت نفسه فإن الماء يدفع المجذاف بقوة إلى الامام (قوة رد الفعل) لذا يدفع القارب إلى الامام لاحظ الشكل (23) .



السايف عند يقف على لوحة القعر لكي يعطس في الماء ، يجد ان السايف يدفع اللوحة بقوة إلى الأسفل (تسمى بقوة الفعل) يجد ان لوحة القعر ترتد عكسياً في الوقت نفسه فتدفع السايف بقوة نحو الأعلى (تسمى قوة رد الفعل) الشكل (24)



واندفاع الصاروخ إلى الأعلى هو نتيجة لقوة رد فعل العارات الخارجة من مؤخرته ام قوة الفعل فهي القوة التي يدفع بها الصاروخ للغارات الخارجة منه. لاحظ الشكل (25) .

الشكل (25)



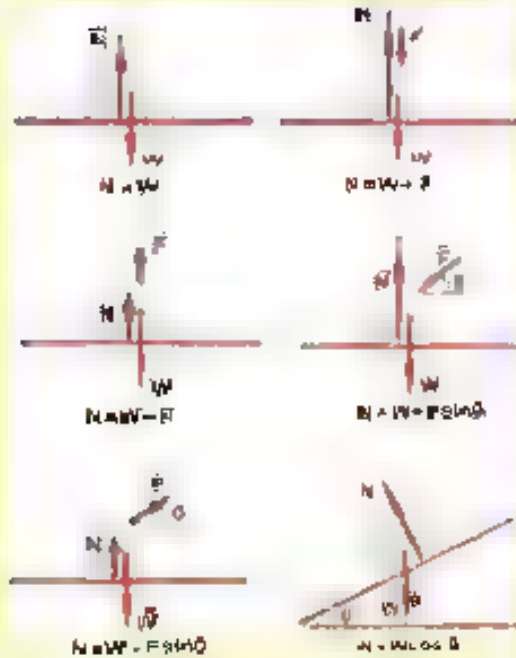
نعرف جميعاً ان الارض تجذب القمر بحوها ، هل القمر يجذب الارض بحوه ، واذا كان جوابك بنعم ، فليهما لكبر قوة جذب ؟ ام هما متساويتان ؟ وصح ذلك .

2. القوة وتأثيرها على الأجسام

سنناقش العلاقة بين القوة والتأثير على الجسم أو لمجموعة من الأجسام ، يطلق على مجموعة الأجسام بالنظام .

فإذا ما تحرك جسم ما بتأثير منظم ، نسميها لتأثير قوة ثابتة ، لا تنصرف إلى الظروف التي يكون فيها تعجيل الجسم ، أو النظام ، يساوي صفراً ، لأنها تعني حالة اثر ان تسرعها في الفصل القادم لتدرس الاء للقوى الأساس المؤثرة في جسم أو نظام .

أ. القوة العمودية



نلاحظ عمل على القانون الثالث لنوتن ، عندما نوضع جسم على سطح فإن تلك السطح سيؤثر بقوة في الجسم الموضوعة عليه ، الشكل 26 ، وفي حالة الجسم الساكن أو المتحرك على سطح ، وبعد انعدام سلك هذه القوة في الجسم سيؤدي ذلك إلى السطح أو يبرز للأسفل مع تعجيل لأحد الشكل 26 ، ونسمي القوة العمودية التي تؤثر بها السطح على الجسم بالقوة العمودية ويرمز لها بـ (N) ، وهذه القوة N تسمى بأنها

عمودية لأنها على السطح وتنتج بعيداً عن السطح .

الشكل 26

وهي قوة رد فعل السطح على الجسم ، مصدرها غير ثابت فهو يساوي مصدر القوة المحصلة للمؤثرة عمودياً على السطح باتجاه معاكس لتلك المحصلة ، شكل 26 ، يوضح بعض من هذه القوى العمودية .

ب. قوة شد



الشكل 27

والحل يؤثر بقوة في الجسم لاحظ الشكل 27 ، القوة التي يؤثر بها أحد في الجسم نسميها بقوة الشد ويرمز لها بـ T ، وفي الغالب القمتزين تعرض ان للجب ، أو محيط أو السلك ، مهمل

الوزن وعدم الاحتكاك لا تكون قوة الشد فيه هي نفسها في عقد الحبال

ويمكن تغيير اتجاه قوة الشد باستعمال طليكراف

وفي هذه الحالة لا يتغير مقدار الشد

على فرض أن الكرتب المستعملة

مهمته الدوران وعدم الاحتكاك

لاحظ الشكل (28)



شكل (28)

ج القوى الداخلية والقوى الخارجية :-

عندما ندرس أن النظام (مجموعة الاجسام)

معزولة فإن القوى المؤثرة فيه تسمى بالقوى

الخارجية (F_{ext}) ، لاحظ الشكل (29)، السطح

أعني امس وعدم الاحتكاك

لذا لا يظهر فيه قوة الاحتكاك وتكون محصلة

القوى الشاذلة يساوي صفر (أي $N = w$)

و عندئذ تكون القوى F هي القوة الخارجية المؤثرة في النظام اما القوى الداخلية فهي الناتجة

عن التفاعل بين مكونات النظام و هي عادة توضع بشكل قوى مزدوجة مثل القوى

$(\vec{F}_1, -\vec{F}_1, \vec{T}, -\vec{T})$ تكون

F هي القوة الخارجية المؤثرة في النظام ،

\vec{F}_1 هي القوة التي تؤثر بها الكتلة m_1 في الكتلة m_2 ،

\vec{T}_1 هي القوة التي تؤثر بها الكتلة m_1 في الكتلة m_2 ،

T قوة الشد في الحبل والمؤثرة في الكتلة m_2 ،

\vec{T} قوة الشد في الحبل المؤثرة في الكتلة m_1 ،

وعد تطبيق القانون الثاني على النظام كله فإن :-

القوى الخارجية فقط توضع في الحساب من غير الاعتماد على القوى الداخلية

اما عندما نحدد النظام بصورة مجزئة الى مكوناته فإن القوى الداخلية التي كانت تؤثر فيه بعد في

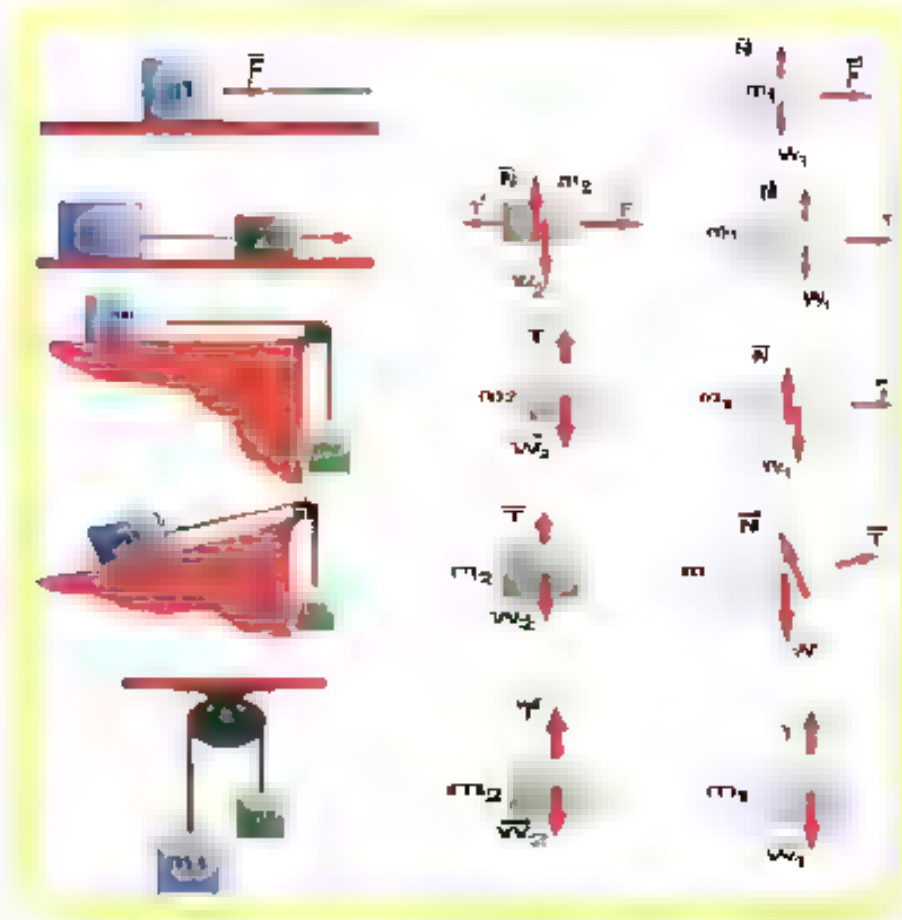
خارجية مؤثرة في كلا جسم مكون له



شكل (29)

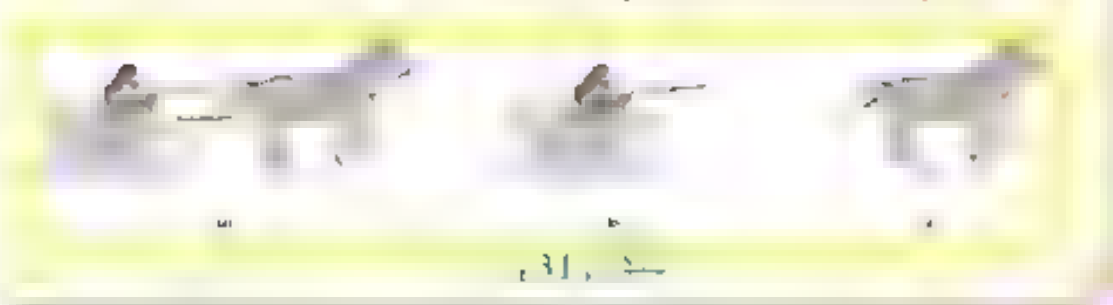
Free body diagram

عدد حل للتمارين هي علم الحركة **(dynamic)** يكون من المهم :-
 ان نحلل القوى المؤثرة في الجسم او في النظام بصورة صحيحة ، ندهورن للجسم ، السلك او المسحرك ،
 عن محيطه ، ثم نوضح كل قوة من القوى المؤثرة فيه ونسمى هذه الطريقة بمخطط للجسم الحر
 وقبيل باقي شكل لقوى المصنقة على الاجسام لاحظ الشكل (30) .



الشكل (30)

في الشكل (31a) ، نحصل بسحب راحة على الجيب بقوة أفقية ،
 نحصل بسحب الراحة وضع على الشكل (31b) ، لقوى المؤثرة في الراحة وضع
 على الشكل (31c) ، القوى المؤثرة في الحصار .



الشكل (31)

جسمان كتلة أحدهما (2kg) وكتلة الآخر (3kg) معلقين شاقولياً بطرفي حبل خفيف يمر فوق بكرة مهمة الورر والاحتكاك لاحظ الشكل (32)

احسب مقدار تعجيل الجسمين و الشد في الحبل افرض $g = 10 \frac{m}{s^2}$

الحل/

الشكل (32a) جسمان موصولان بواسطة حبل خفيف يمر فوق بكرة مهمة الاحتكاك
الشكل (32b) الشكل التخطيطي للجسمين (m_1 , m_2) تكون قوة الشد في الحبل على جانبي البكرة متساوية لأن البكرة مهمة الورر والاحتكاك

$$T - m_1g - m_1a$$

صافي القوة المؤثرة في الجسم الصاعد 2kg هي

$$T = 2 \times 10 + 2 \times a$$

$$T = 20 + 2a \dots (1)$$

اما بالنسبة للجسم

$$m_2g - T = m_2a$$

الثاني الدارل بتعجيل

$$3g - T = 3a$$

$$T = 3g - 3a$$

$$T = 30 - 3a \dots (2)$$

الطرف الأيسر للمعادلة (1) يساوي

الطرف الأيسر للمعادلة (2)

$$20 + 2a = 30 - 3a$$

$$5a = 10$$

$$a = 2 \frac{m}{s^2}$$

تعجيل الجسمين

نعوض عن a في إحدى المعادلتين ولتكن المعادلة (1) فيستج:

$$T = 20 + 2 \times 2$$

مقدار قوة الشد في الحبل

$$T = 20 + 4 = 24N$$



؟ سؤال

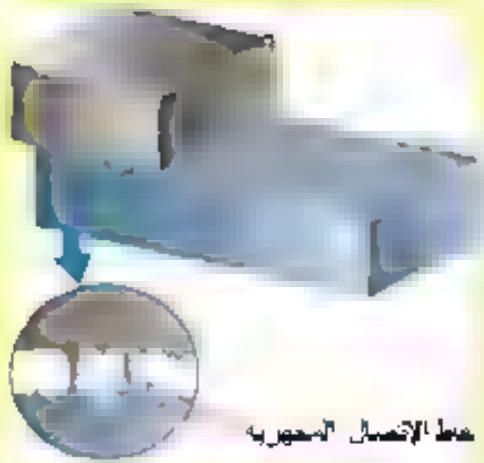
في المثال السابق ماذا نتوقع لو كانت: $m_1 = m_2$

عندما يتحرك جسم على سطح أو خلال وسط لزج مثل الهواء أو الماء ، أو عند عبور معارضة الحركة نتيجة تفاعل الجسم مع محيطه يسمى هذه المقاومة بقوة الاحتكاك . إن قوة الاحتكاك مهمة جداً في حياتنا اليومية وهي تسمح لنا بالمشي أو الركض كما أنه ضروري بحركته للمصاب والمركبات ، و إن الموائب ، و قد تكون ضارة كما في الاحتكاك الذي يظهر بين العجلة والمحور للترجل أو السبورة

قوة الاحتكاك Friction force

حينما تؤثر محصلة قوى خارجية في جسم ما موضوع على سطح لاصق حثي وتحاول تحريكه وتنتج حصول التماس بين سطح الجسم والسطح الموضوع عليه ، تدخل الجسم تحت الموجهة بين السطحين ، مسببة قوة معيقة بالحركة تسمى قوة الاحتكاك

(انظر الشكل (33))



الشكل (33)

و يكون اتجاه تأثير قوى الاحتكاك معاكساً للسطحين وبمعكساً لاتجاه الحركة . وبما أن القوى المتبادلة بين السطحين مثل القوة العمودية على السطح ويرمز لها بالرمز N وقد أظهرت فلتناج الحركية أن قوة الاحتكاك تظهر حتى لو كان الجسم في حالة سكون.

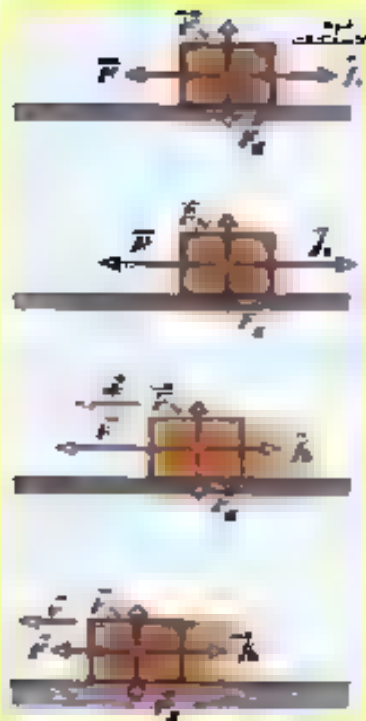
فإن، أثرت محصلة قوى في جسم ولم تستطيع تحريكه ، فلأن من وجود قوة احتكاك تمنع الجسم من الحركة ، و حيث أن الجسم لا يزال في حالة سكون ، فإن تسمى قوة الاحتكاك في هذه الحالة ، قوة الاحتكاك السكوني ، $static\ friction\ force$ ، و ترمز لها بالرمز f_s

وبذلك مع ازدياد القوة المؤثرة في الجسم ، حتى يصل مقدارها إلى $maximum$ ، حينما يثبت الجسم على الحركة ، و قد تحسب أن المقدار ، لأعظم لقوة الاحتكاك السكوني

(f_s) تتناسب مع القوة العمودية N ، حسب المعادلة التالية

$$\vec{f}_{s\max} = \mu_s \vec{N}$$

حيث أن μ_s يمثل معامل الاحتكاك السكوني



$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

2. ما بعدة الصندوق في القانون الثاني نبدأ نأخذ
نصنعه الرديسية للقانون الثاني

$$\therefore mg \sin \theta - f_k = ma$$

$$mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta = ma$$

$$400 \times 10 \times 0.5 - \mu_k (mg \cos 30^\circ) = 400a$$

$$2000 - 0.1 \left(400 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 400a$$

$$2000 - 340 = 400a$$

$$a = \frac{1660}{400}$$

$$a = 4.15 \text{ m/s}^2 \quad \text{معدل تسريع الصندوق}$$

وصنع جسم كتلته (150kg) على سطح مائل كما موضح في الشكل (a).

أثر عليه قوة سحب (300N) تعمل زاوية 37° فوق الأفق جعلته على وشك الحركة. احسب

1. معامل الاحتكاك السكوني بين الجسم والسطح الأفقي

2. معبري الجسم بـ تصاعد القوة الموزعة فيه ومعامل الاحتكاك (بـ لافتي (الحركي) يكون

مقدار $\mu_k = 0.1$)

الحل /

1. جسم يكون الجسم على وشك الحركة يكون قوة الاحتكاك السكوني تعادل المركبة
لأفقية للقوة .

$$\sum F_x = 0$$

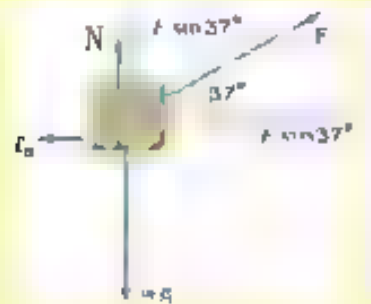
$$f_s = F_x$$

$$f_s = F \cos \theta$$

$$f_s = 300 \times \frac{4}{5} = 240 \text{ N}$$



$$\begin{aligned}
 N - w - F_y &= 0 \\
 N - 1500 - 300 \sin 37^\circ &= 0 \\
 N - 1500 - 300 \times \frac{3}{5} &= 0 \\
 N - 1500 - 180 &= 0 \\
 N &= 1680 \text{ N} \\
 \mu_s &= \frac{f_s}{N} = \frac{240}{1680} \\
 &= 0.14
 \end{aligned}$$



2

$$F = 600 \text{ N}$$

عندما نتصاعف القوة فإن

مركبتها الأفقية تساوي

$$F \cos 37^\circ = 600 \times 0.8 = 480 \text{ N}$$

ومركبتها الشاقولية تساوي

$$F \sin 37^\circ = 600 \times 0.6 = 360 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

وبما أن :-

$$N = w - F \sin 37^\circ$$

$$= 1500 - 360 = 1140 \text{ N}$$

$$f_k = \mu_k N$$

بحسب قوة الاحتكاك الانزلاقي (الحركي)

$$= 0.1 \times 1140 = 114 \text{ N}$$

وطبقاً للعالمون الثاني نبيوتن فإن

$$\sum F_x = ma$$

$$F \cos 37^\circ - f_k = ma$$

$$480 - 114 = 150a$$

$$366 = 150a \rightarrow a = 2.44 \text{ m/s}^2$$

سلسلة الفصل الثالث

1 - اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارتين التاليتين:

1 - أثرت محصلة قوى خارجة في جسم فحركته من السكون ، فإذا كان معدوم ، وأنه تلك المحصلة معدوم وكتلته معلومة ، يمكن تطبيق القانون الثاني لنيوتن لإيجاد

a) وزن الجسم b) إطلاق الجسم

c) فراخة الجسم d) تعجيل الجسم

2 - عند سحب حبل حاصل حركته في الهواء التي تسبب في حركة الحصان إلى الأمام هي

a) القوة التي تسحب الحربة

b) القوة التي تؤثر فيها الحربة على الحصان

c) القوة التي تؤثر فيها الحصان على الأرض

d) القوة التي تؤثر فيها الأرض على الحصان

3 - قوة الاحتكاك بين سطحين متساويين تعتمد على

a) القوة الضاغطة العمودية على السطحين المتساويين

b) مساحة السطحين المتساويين

c) الحركة النسبية بين السطحين المتساويين

d) وجود زيت بين السطحين أو عدم وجوده

4 - إذا ارتد كرة ترمي على أرض جليدية من غير التلاصق مع الأرض فكم تكون حركتها

a) بخطوات طويلة

b) بخطوات قصيرة

c) على مسار دائري

d) على مسار منموج أفقي

5 - الكتلتين (m_1 ، m_2) مربوطتان بسلك مهمل الوزن كما في الشكل المجاور وكانت الكتلة

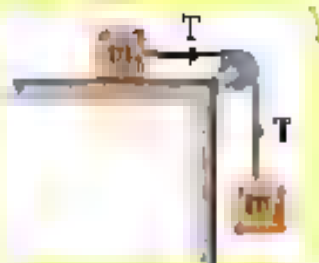
m_1 متحركة على سطح عملي ملس في حين m_2 معلقة شامولياً بغير ما السلك

من شد في السلك (T) .

a) $T = 0$

b) $T < m_2 g$

c) $T = m_2 g$



- 6 في الشكل المجاور الكتلتان (m_1, m_2) متصلتان بطرفي حبل مهمل الوزن يمر على بكر هـ مهمل الوزن و عمدة الاحتكاك ناد فرضاً $m = m_2$ فإن تعجيل المصعد هـ



- a) مساوي g
b) أكبر من g
c) صفر
d) أقل من g

- 7 سيارة كتلتها m تترك على سطح منحني بالجاذبية حسب الاحتكاك معزل بـ زاوية θ كما في الشكل المجاور فإن تعجيل السيارة يسوي



- a) $g \sin \theta$
b) $\sin \theta / g$
c) $2g \sin \theta$
d) $\frac{1}{2} g \sin \theta$

- 8 قوة الاحتكاك 40 N تفرم جسم صندوق من الفولاذ كتلته 10 kg على رصيف الشروع بالحركة فوق الرصيف أقيه من حساب عدد يكرر مقدار معامل الاحتكاك فلكوني (μ_s) يساوي

- a) 0.08
b) 0.25
c) 0.4
d) 2.5

- 9 القوة 10 N تكسب جسم متجلاً مقدار 2 m/s^2 في حين القوة التي مقدارها 40 N تكسب الجسم نفسه تعجيل مقدار يساوي

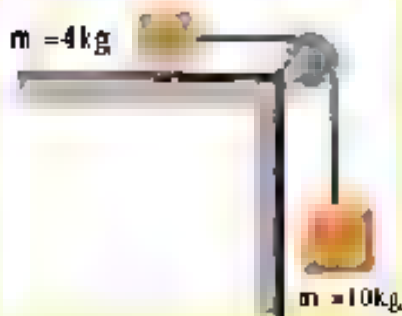
- a) 4 m/s^2
b) 8 m/s^2
c) 12 m/s^2
d) 16 m/s^2

10 - جسم كتلته m معلق بحبل في سقف مصنع. إذا كان المصعد يتحرك لأعلى بسرعة ثابتة فإن الشد في الحبل

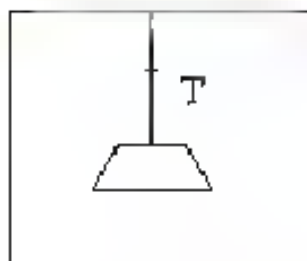
- (a) يكون مساوياً (mg) .
 (b) أقل من (mg) .
 (c) أكثر من (mg) .
 (d) تتحدد قيمته بناءً على مقدار السرعة

مسائل

1 - تبرز السلك المحرر الجسمين (m_1, m_2) في حالة تماس موضوع على سطح أفقي أملس. كتلة الجسم الأول $m_1 = 4\text{kg}$ ، كتلة الجسم الثاني $m_2 = 2\text{kg}$ ، إذا أثر قوة أفقية مقدارها 12N لدفع الكتلة m_1 كما في الشكل. جد مقدار دفعي المجموعة المتوافقة من الجسمين.



2 - جسم كتلته 4kg موضوع على سطح أفقي خشبي ويتصل بطرف سلك يمر على بكره عديمة اهمالية فيوزر ومثبت بالطرف الآخر للسلك جسم كتلته 10kg ويوضع ثقله في السلك المجاور. حدد معيّن الايجابك من الجسم (m) والاصح لإفعي حيف تحرك المجموعة من السكون بتعجيل مقدار 6m/s^2



(مصعد)

3 - جسم كتلته 1kg معلق بسلك مصعد بوسطه سلك مهمل الوزن. لاحظ الشكل المجاور .
 احسب مقدار الشد T في السلك عندما يتحرك المصعد
 (a) نحو الأعلى بتعجيل 2m/s^2 .
 (b) نحو الأسفل بتعجيل 2m/s^2 .

س4: قوة افقية ثابتة مقدارها (20N) تؤثر في جسم متحرك كتلته (2kg) موضوح على

سطح افقي خشن . احسب

ا) انعطاف الجسم في نهاية الثانية الاولى من حركته

ب) الزيادة التي قطعها الجسم خلال 3s من بدء حركته

س5: في الشكل انشاء محصل يدفع ابنه و هي جالسه على لوح الزحلق على الجليد . اي من

القوتين التاليتين افضل ان يحركك فتتحصل ابنه لكي تسير على الجليد بسهولة

ا) بدفعها من خالل النعير بقوة (F) في كتفها بزاوية 30° تحت الافق

ب) يسحبها بالقوة (F) تسحبها بواسطة حبل ممتد بزاوية 30° فوق الافق



Concept of Equilibrium

نلاحظ حول أن بعض الأجسام ساكنة والبعض الآخر متحرك وحركته هذه إما أن تكون حركة بتعجيل وإما أن تكون حركة بانطلاق ثابت وبخط مستقيم .

إن الجسم الجاسي (الجسم الجاسي هو مقطوعة من الجسيمات يبقى البعد بينها ثابتاً لا يتغير بتأثير القوى والعزوم الخارجية) فلو أثرت في الجسم الجاسي محصلة قوى خارجية ، سيتحرك بتعجيل ، وذلك طبقاً للقانون الثاني لنيوتن في الحركة $a = \frac{\vec{F}}{m}$ ، وعندئذ يكون مقدار محصلة القوى الخارجية

المؤثرة في الجسم يساوي صفراً ($\sum \vec{F} = 0$) . فإن هذا الجسم سيخضع للقانون الأول لنيوتن (قانون الاستمرارية) فهي هذه الحالة إما أن يكون الجسم ساكناً فيقال إن الجسم في حالة اتزان ساكني ، **static equilibrium** ، أو قد يكون متحركاً بانطلاق ثابت ، وبخط مستقيم ، فيقال عندئذ

به في حالة اتزان حركي ، **dynamic equilibrium** .

لكي يكون الجسم متزاناً ، يجب أن يتحقق شرطان لاتزانته . الشرط الأول (شرط الاتزان الاستقرائي) يتحقق عندما يكون صافي القوى الخارجية (محصلة القوى الخارجية) المؤثرة في الجسم يساوي صفراً

$$\sum \vec{F} = 0 \text{ أي أن.}$$

(وعلامة \sum تعني مجموع أو صافي أي كمية وتلفظ مسيثن)

وهذا يعني أن محصلة القوى الخارجية المؤثرة في الجسم على أي محور من المحاور (اللفظية و الشاقولية x, y) تساوي صفراً أي أن

$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$\sum \vec{F}_y = 0$$

في الشكل (1) كرة معلقة بطرف خيط ، بحيث جانباً بقوة تعينه مقدار

15N ، احسب مقدار

1 قوة الشد في الخيط

2 وزن الكرة.

$$\cos 53^\circ = 0.6 \quad \sin 53^\circ = 0.8$$

الحل:

1 رسم مخطط الجسم الحر ونؤشر عليه القوى

للثلاث المؤثرة فيه لاحظ الشكل (2)

وهي وزن الجسم W

القوة الأفقية المؤثرة في الجسم \bar{F}

وقوة الشد في الخيط \bar{T} .

نبدأ من الجسم في حالة التوازن مكوّن من محاور القوة

للمعنى \bar{T} إلى مركزها الأفقية والعمودية كما

في الشكل (2) ثم نطبق شرط الاتزان الأسفلي :

$$\sum \bar{F} = 0$$

مكوّن صافى القوة على المحور X يساوي صفر

و هو صافى القوى على المحور Y يعطى :

$$\sum \bar{F}_x = 0$$

$$\bar{F} - \bar{T}_x = 0$$

$$\bar{T}_x = F$$

$$T \cos 53^\circ = 15$$

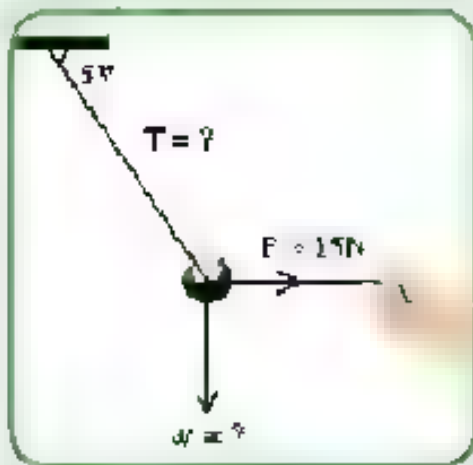
$$T \times 0.6 = 15$$

مقدار الشد في الخيط $T = 25 \text{ N}$

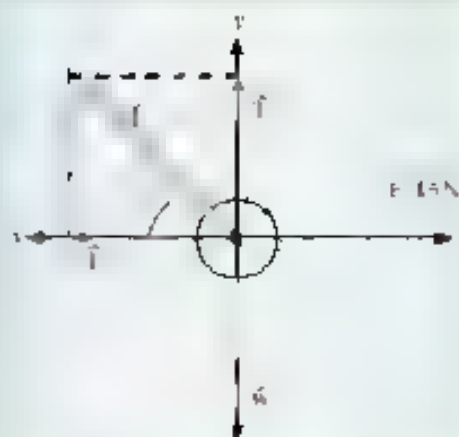
وكذلك صافى القوى على المحور Y يساوي صفر

$$\sum \bar{F}_y = 0$$

$$\bar{T}_y - \bar{W} = 0$$



شكل 1



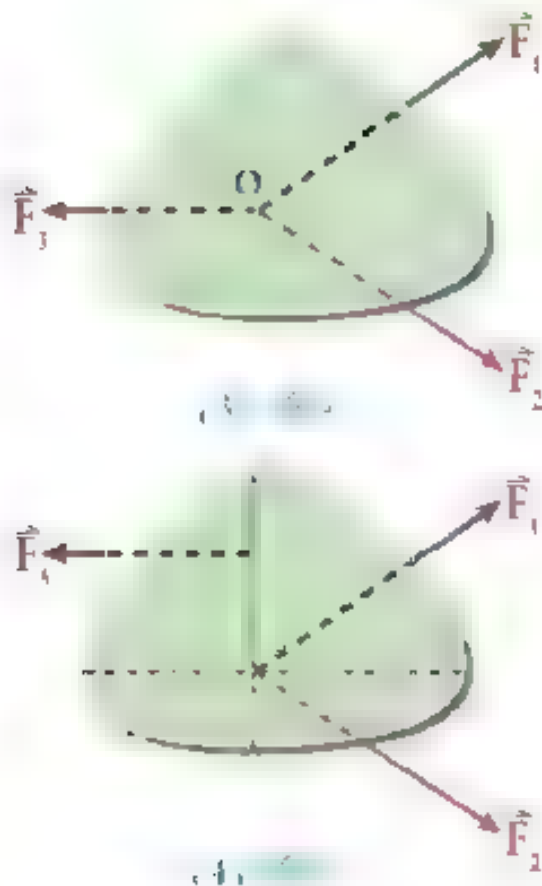
شكل 2

$$T_y = w$$

$$T \sin 53^\circ = w$$

$$(25) \times (0.8) = w$$

$$w = 20N \quad \text{مقدار وزن الجسم}$$



١٠- كس الجسم في حالة سكون انفعالي فلا يكون
بالضرورة في حالة سكون حركي وبهذا الجسم
يبنى الجسم دور حتى لو كانت محصلة القوى
الخارجية المؤثرة فيه صفراً .

ومن ملاحظتك لشكل (3) نجد ان هناك ثلاث
قوى $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3)$ تؤثر في سطحه ولعل اننا
نجد ان القوى الثلاث تنفي في نقطة واحدة هي
(O) في الجسم وهذا محصلة القوى تساوي
صفراً $(\sum \vec{F} = 0)$

عاز الصفحه يكون في حالة سكون سكوني في
حيز ثلاثي في الشكل (4) ان القوى الثلاث
دواب المعادلات بعضها لاكتفي بمذاها في نقطة
واحدة في هذه الحالة اذا غير الصفحه ستدور
لذا في شرط الاتزان الدوراني يتحقق عندما يكون
صافي العزم المؤثر في الجسم حول

$$\text{محور معين يساوي صفراً أي } (\sum \vec{\tau} = 0) \quad \text{حيث ان } (\vec{\tau}) \text{ يمثل زمر العزم}$$

ومن ذلك نستنتج ان في جسم في حالة سكون سكوني يكون في حالة سكون
انتقالي وفترة دوران في الوقت نفسه .

عندما نضع كتاباً او باباً او سياكاً او قبة الخشب للمياه الشكل (5) نلاحظ قوة لها تأثير
مشور (تأثير دوراني) والتأثير المشور في القوة يسمى بالعزم ويرمز له τ



شكل (5)

كذلك أداة صغوية في تكوير برغي بواسطة اليد :
 لا يستعمل مفك ربط (spanner) لتكوير البرغي

لاحظ الشكل (6)



شكل (6)

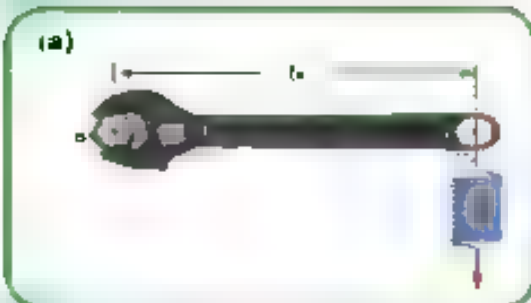
وهو مفك الربط عند سائر أدوات كبيرة أي أنه يولد
 عزم تكوير من عزم اليد بعدد سعة اما الناحية التي تحاول
 القوة تكوير الجسم حولها تسمى بالمحور (الونقطة
 الدوران).

مفك

ليس للمفك العمل التي يعتمد عليها مقدار عزم القوة.

المفك مفك ربط يدوي، قياس خطوري

نموذج - مفك



شكل (7a)

الحد من البرغي في فوهة مفك الربط
 وبواسطة الخشن الخطوري سعة قوة صغيرة F_1
 عمودية على ذراع المفك بحيث تؤثر في مركز
 المفك وعلى بعد l من البرغي لاحظ
 الشكل (7a)

حاول تكوير البرغي بواسطة مفك الربط
 تجد صعوبة في التكوير



الشكل (7b)

عمل على مضاعفة القوة (أي تصبح $2F$)
وعلى البعد نفسه عن محور الدوران، سيجد
تدوير سهوله في تدوير البرغي

لاحظ الشكل (7b)

ستنتج من ذلك:

أن عزم القوة يتناسب طردياً مع مقدار القوة أي أن:

محاور استعمال مقدار القوة F نفسه، باستعمال العيار الخاروني، واجعل نقطة
التدوير على بعد l_1 بحيث تكون أقرب إلى البرغي، تجد صعوبة أكثر في
تدوير البرغي.

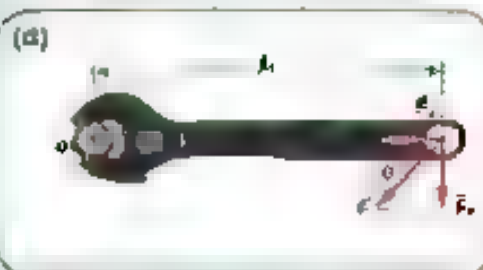


الشكل (7c)

أي أن $l_1 < l_2$ ، لاحظ الشكل (7c)،
حاول تكرار العملية مراراً متتالية، وفي كل مرة
أقرب نقطة تأثير القوة من البرغي بعد زيادة
في صعوبة تدوير البرغي.

ستنتج من ذلك أن:

مقدار عزم القوة يتناسب عكسياً مع البعد أي عزم محاور الدوران
أي أن: $\tau \propto l$ بنسبة F

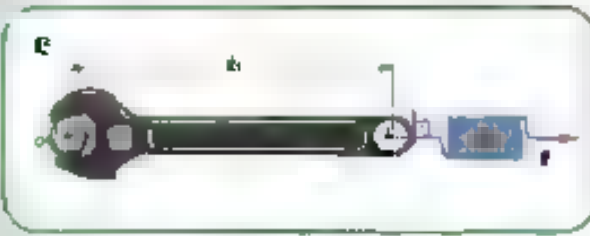


الشكل (7d)

نحفظ القوة نفسها F ، ونجعل نقطة تأثير
الوزن l_1 في طرف ذلك كما أوضح في
الشكل (7d)، ولكن اجعل هذه المرة القوة غير
عمودية على ذراع المفراج، أي تعمل زاوية
 θ مع ذراع المفراج، تجد صعوبة أكبر
للمدو بالصيغة الآتية

$$\tau = Fl \sin \theta$$

حاول مرة أخرى تدوير البرغي، تجد صعوبة في تدويره كلما قلت الزاوية θ ، حينئذ فعل
القوة و ذراع المفراج



شكل 7

• جعل خط فعل القوة عمودياً على ذراع المصراع
وفي هذه الحالة يكون امتداد القوة F يمر
في مركز الدوران لاحظ الشكل (7e)
عندها ينعدم البعير الدوراني للقوة
سننتج من ذلك

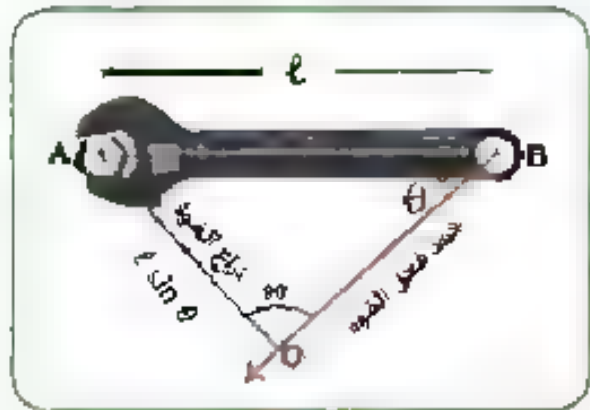
في عزم القوة ينعدم إذا كانت القوة أو امتدادها يمر في مركز الدوران، لأن تأثير
ذراع القوة يصبح صفراً في هذه الحالة

له سبيل من المشاهدة بصفة عامة القوة يحسب ضربها مع كل من

1 مقدار القوة المؤثرة .

2 البعد العمودي (l) من نقطة تأثير القوة إلى محور الدوران

3 الزاوية (θ) بين خط فعل القوة والخط الموازي بين نقطة الدوران ونقطة تأثير القوة



شكل 8

$$\tau = F l \sin \theta$$

الحساب مربع القوة (ذراع العزم) يرسم خط

مستقيماً يربط خط فعل القوة مع البعد

العمودي عليه من نقطة الدوران (المحور)

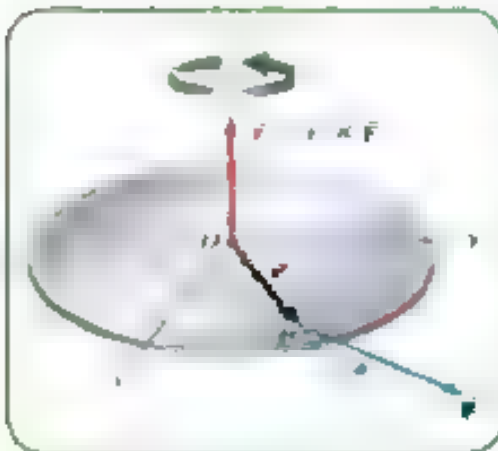
فحصل على مثلث قائم الزاوية ABO

لاحظ الشكل (8) فيكون راع القوة هو

الصنع القائم AO يساوي $l \sin \theta$

و عندئذ عزم القوة

$$\tau = F l \sin \theta$$



شكل 9

من درست للسجهف في الفصل الاول تعرف ان

حاصل ضرب متجهين يكون اما كمية قياسية مثل

الضرب النقطي $(c = \vec{F} \cdot \vec{d})$ واما كمية متجهيه

مثل الضرب الاتجاهي $(\vec{A} = \vec{P} \times \vec{d})$ وهما من منجته

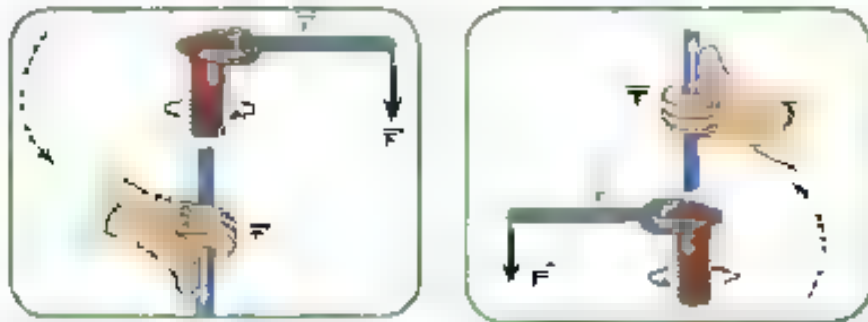
العزم هو حاصل الضرب الاتجاهي لمتجه الموقع \vec{r} و متجه

القوة \vec{F} لاحظ الشكل (9) فيكتب كما في المعادله

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

الائيه

يحدث منحه العزم محدد على المستوى الذي يحتوي F ، r كما في الشكل (9) وطبق في هذه الحف للمسمى سعي اتجاه العزم شكل (10)



الشكل (10)

من الجيد بالذكر أن عزم القوة يكون مماثلة إلى نقطة أساس معينة ، إذا حدث تغير في موقع تلك النقطة يتغير عزم القوة أيضا كما في الشكل (11)

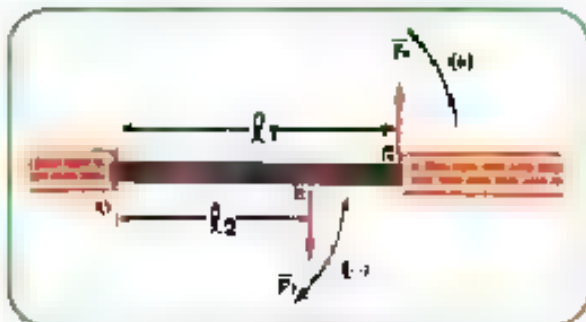


الشكل (11)

مثلا تكون عزم القوة F صفر إذا كانت نقطة الدوران O ولكن عزم هذه القوة ليس صفر إذا انتقلت النقطة A نقطة الدوران فيكون

$$\tau = OA \times F$$

ومن هذا نعلم أنه لا يكفي القول فقط عبارة (عزم القوة F) ولكن يجب أن نقول عزم القوة F نسبة للنقطة O أو حول النقطة O أو أنه عظمه أخرى



الشكل (12)

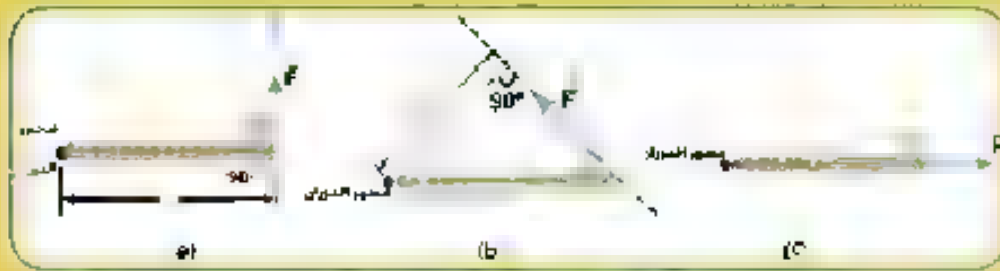
ومن ملاحظتك لشكل (12) نجد أن القوة F_1 تحاول تدوير العنطة حول النقطة O باتجاه

معاكس دوران عقرب الساعة. بينما القوة F_2 تحاول تدوير الجسم حول النقطة O باتجاه دوران عقرب الساعة

ولنفسر بين الاحتمالين يختار العزم الذي تدور به الجسم باتجاه معاكس دوران عقرب الساعة أو عقرب الساعة موجبة والعزم الذي تدور به الجسم باتجاه دوران عقرب الساعة بشاره سالبة

مفكر:

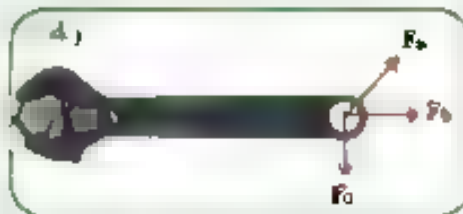
العزم الناتج عن تأثير القوة في سويير جسم يكون بمقدار = τ_{\max} إذا عظم τ_{\max} عند يكون
 خط عمل القوة عمودياً على المحطة أو العنصر بين نقطة تأثير القوة ومحور الدوران للشيء
 الشكل 13a، أي أن $\tau_{\max} = F \cdot \ell$ وبطل مقدار العزم عندما يكون خط فعل القوة
 متوازياً للشكل 13b



يعدم العزم ($\tau = 0$) عندما يمر خط عمل القوة في نفسه أو محور الدوران
 الشكل 13c، أي أن: $\tau = F_{\perp} \cdot \ell = 0$

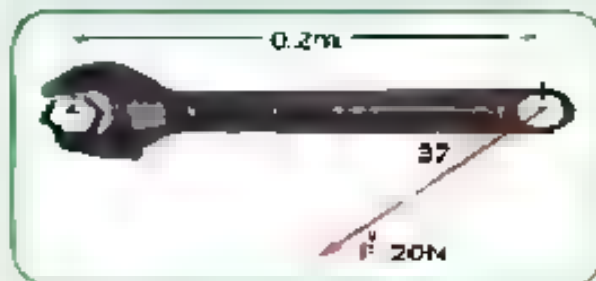


أي القوى الخمسة في الشكل (a, b) تسمى عزمياً أقل
 بمفتاح الربطة في تدوير البرغي علم أن معيار القوى
 المؤثرة متساوية



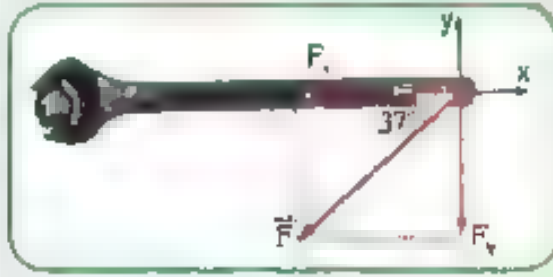
إذا كان مقدار القوة المسببة على مفتاح ربط طوله (0.20m) تساوي
 20N، الشكل 14، لحسب مقدار العزم الناتج عن هه القوة

الحل:



نحلل القوة F إلى مركبتها F_x ، المركبة
 العمودية للذراع، والمركبة F_y هي المركبة
 العمودية على الذراع، وبما أن المركبة لأفقية
 F_x تمر في نقطة الدوران وهي محور
 الدوران، فيكون:

$$\tau = F_y \cdot \ell = (F \sin \theta) \cdot \ell$$

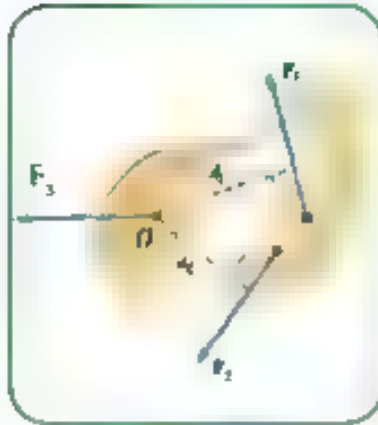


الشكل 15

بينما المركبة العمودية للقوة F_y تولد عزمًا يحاول تدوير المفتاح باتجاه دوران عقارب الساعة أي أن :

$$\tau = F_y \cdot \ell = (F \sin \theta) \cdot \ell$$

$$\tau = 20 \times 0.6 \times 0.2 = 2.4 \text{ N.m}$$



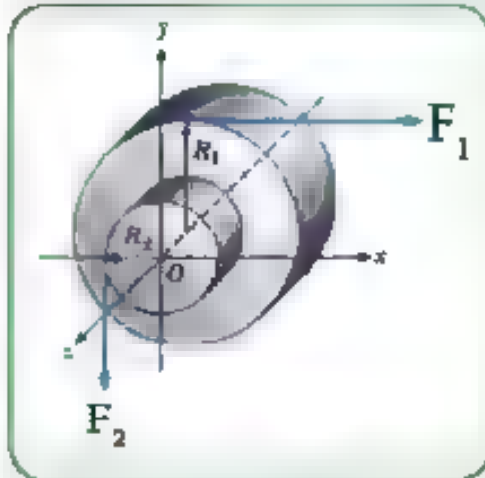
الشكل 16

عندما تؤثر قوى متعددة في جسم واحد وتحاول تدويره فكل عزم كل قوة يحسب حول نقطة للنوران نفسها فيكون المجموع الاتجاهي للعزوم المفردة يساوي صافي العزوم (محصلة العزوم) (τ_{net}) لاحظ للشكل (16) أي أن -

$$\tau_{\text{net}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots$$

سؤال 1

اسطوانة صلبة جاسئة يمكنها الدوران حول



الشكل 17

محور أفقي (نمهل الاحتكاك) لف حبل حول محيطها الخارجي ذو نصف القطر (R_1) لاحظ الشكل (17) فإذا سلطت القوة الأفقية (F_1) التي تتجه نحو اليمين ، ولف حبل آخر حول المحيط الأصغر ذو نصف القطر R_2 وسلطت القوة (F_2) نحو الأسفل في طرف الحبل المثني أصب : صافي العزوم المؤثرة في الاسطوانة حول المحور (Z) إذا كانت $R_2=0.5\text{m}, F_2=6\text{N}, R_1=1\text{m}, F_1=5\text{N}$

الحل / عزم القوة (F_1) والذي هو τ_1 يكون سالباً

لأنه يحاول تدوير الاسطوانة باتجاه دوران عقارب الساعة (τ_1) أي أن

$$\tau_1 = -R_1 F_1 \Rightarrow \tau_1 = -1 \times 5 = -5\text{N.m}$$

بينما العزم الناتج عن القوة (F_2) والذي هو τ_2 يكون موجباً لأنه يحاول تدوير

الأسطوانة باتجاه معاكس لتوران عقارب الساعة أي أن :-

$$\tau_2 = R_2 F_2 = 0.5 \times 6 = 3 \text{ N.m}$$

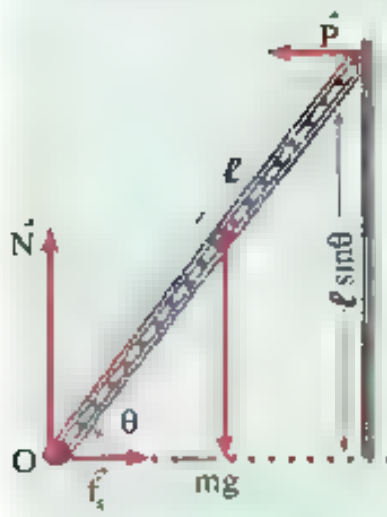
وإن صافي محصلة العزوم :-

$$\tau_{\text{net}} = \tau_2 + \tau_1$$

$$\begin{aligned} \sum \tau &= R_2 F_2 - R_1 F_1 \\ &= 0.5 \times 6 - 1 \times 5 \end{aligned}$$

$$\sum \tau = -2 \text{ N.m}$$

بما أن إشارة صافي العزوم سالبة فهذا يعني أن الأسطوانة تدور باتجاه دوران عقارب الساعة



سلم منتظم طوله (l) وكتلته (m) يستند على جدار شاقولي أملس لاحظ الشكل (18) وكان معامل الاحتكاك الميكانيكي بين السلم والأرض $(\mu_s = 0.4)$. جد أصغر زاوية θ بحيث لا يحصل انزلاق للسلم.

الحل /

من ملاحظتك للشكل (18) سلم في حالة سكون يستند على جدار شاقولي أملس ، فهو في حالة اتزان تحت تأثير أربع قوى هي :

$$\vec{P} = \text{رد فعل الجدار على السلم}$$

$$\vec{N} = \text{رد فعل الأرض على السلم}$$

$$\vec{f}_s = \text{قوة الاحتكاك بين الأرض والطرف السفلي للسلم.}$$

$$mg = \text{وزن السلم.}$$

بما أن السلم في حالة اتزان ميكانيكي طبق الشرط الأول للاتزان .

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow f_s - P = 0$$

$$\therefore P = f_s \text{ و } f_s = \mu_s N$$

$$p = \mu_s N \quad (1)$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \Rightarrow N - mg = 0$$

$$mg = N \quad (2)$$

بقسمة طرفي المعادلة (1) على المعادلة (2):

$$\frac{p}{mg} = \frac{\mu_s N}{N} \Rightarrow \frac{p}{mg} = \mu_s$$

بما أن السلم في حالة اتزان دوراني يطبق الشرط الثاني للاتزان ونحدد النقطة

(O) مركزاً للعزم فتكون :

$$\sum \tau = 0 \Rightarrow P \ell \sin \theta - mg \left(\frac{\ell}{2} \cos \theta \right) = 0$$

$$\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{mg}{2p}$$

وبالتعويض عن مقدار $\frac{p}{mg}$ نحصل على

$$\tan \theta = \frac{1}{2\mu_s} \quad \tan \theta = \frac{1}{2 \times 0.4}$$

- 1.25

$\therefore \theta = 51^\circ$ قياس زاوية ميل السلم عن الارض وهي اصغر قياس للزاوية من غير ان يدرلق السلم.

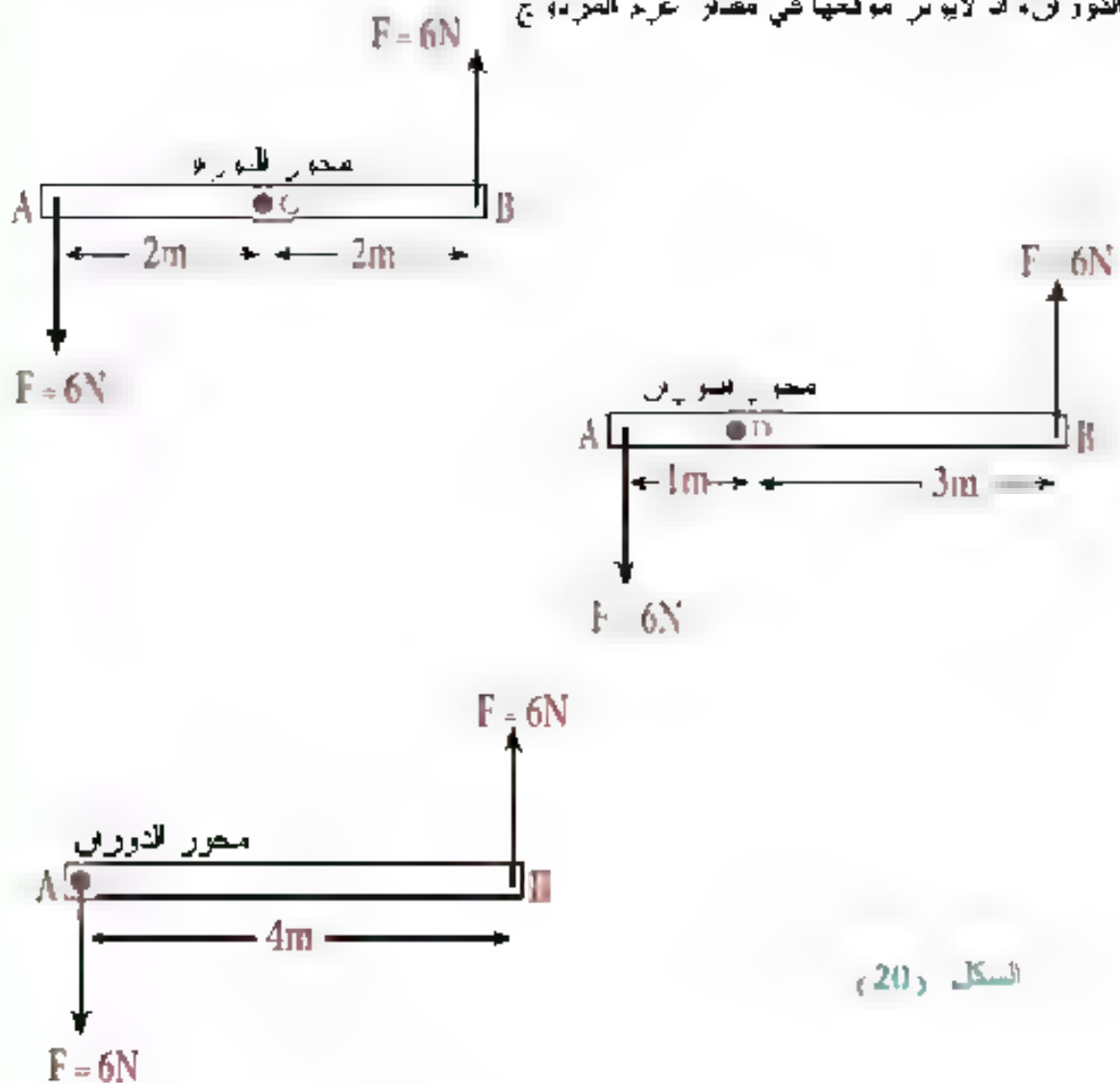


عند تدوير مقود السيارة أو مقود الدراجة وحشية الماء فانك تسط قوتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين بالاتجاه ومتوزعتين وليس لهما خط فعل مشترك و تشكل هاتين القوتان ما يسمى بالمزدوج لاحظ الشكل (19)، وهناك العديد من التطبيقات الأخرى في الحياة العملية فمثلاً حينما ندير مفتاح الباب، أو نستعمل مفتاح تغيير الإطارات .

شكل 19.

ولحساب عزم المزدوج فإن عزم القوي F حول أية نقطة يقع بين القوتين ثم يجمع عزميهما لأنهما يعملان على تدوير الذراع باتجاه نفسه ، وبسط طويقه بحساب عزم المزدوج هي أن نضرب إحدى القوتين في البعد العمودي بينهما.

من ملاحظتك الشكل 20 ، تصبح أن نعلم أنه كمية الحيز البقطة التي تمتل محور الدوران ، لا يؤثر موضعها في مقدار عزم المزدوج



الشكل (20)

ويمكننا حساب عزم المزدوج لشكل (20) كما يلي :

فكون عزم المزدوج = إحدى القوتين في البعد العمودي بينهما

$$\tau_{\text{total}} = F(AC + CB) - F(AD + DB) - F \times AB$$

$$\tau_{\text{total}} = 6 \times (2 + 2) = 6 \times (1 + 3) = 6 \times 4$$

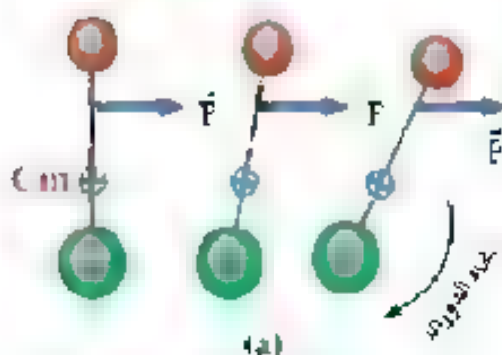
$$\tau_{\text{total}} = 24 \text{ Nm}$$

كل جسم جسي ذو أبعاد هو منظومة من الجسيمات توصف حركته بلالة نقطة مهمة تسمى مركز كتلته للجسم وهي النقطة التي يفرض أن يكون مجموع كل الجسيمات المولدة له (m) متمركزة فيها ويرمز لها بـ C_m .

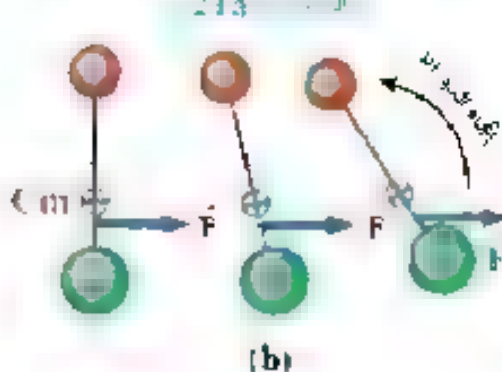
لنرى أن منظومة من الجسيمات تتألف من زوج من الجسيمات متصولة مع بعضهما بواسطة سلك خفيف ومهمل للوزن، ومركز كتلته للمنظومة يقع على الخط الواصل بين الجسيمين وهو أقرب إلى



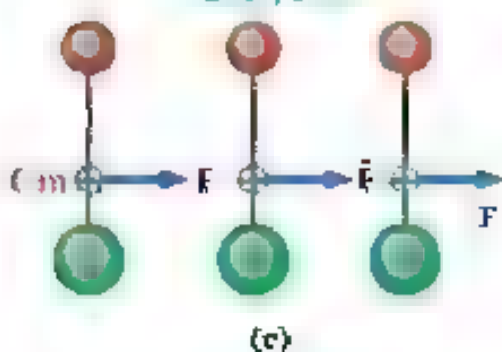
لكتلة الأكبر مقدراً، لاحظ الشكل 21.



فإذا أثرت القوة \vec{F} في الأسفل عند نقطة تقع أقرب إلى كتلته الأصغر مقدراً، فإن المنظومة ستدور باتجاه دوران عكس الساعة بتأثير عزوم تلك القوة لاحظ الشكل (21a).



وإذا كان تأثير تلك القوة \vec{F} في بعضه هي أقرب إلى لكتلة الأكبر مقدراً، شكل 21b، فإن المنظومة ستدور باتجاه معاكس لتوران عكس الساعة.



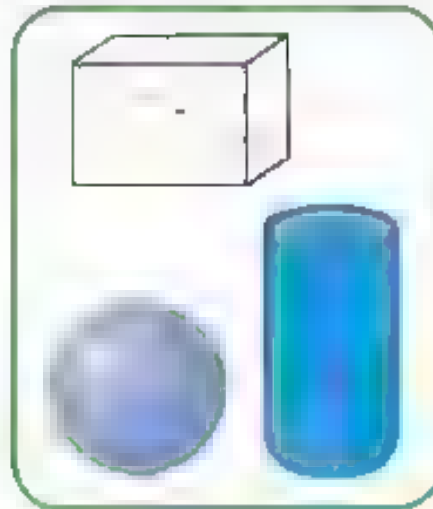
أما إذا أثرت القوة \vec{F} في مركز الكتلة للمنظومة C_m فهي في هذه الحالة ستحرك المنظومة بتحريك:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

كما في الشكل 21c، وهذا يعني كما لو أن صافي القوى الخارجية يؤثر في جسم صغير كتلته (m) متمركزة في تلك النقطة وهي مركز كتلته للمنظومة.

ومن الجدير بالذكر ان مركز كتلة الاجسام المتجانسة والمتناظرة يقع على محور التناظر وهو المركز الهندسي للجسم مثل (كرة او مكعب او اسطوانة، . . .) لاحظ الشكل (22)

وان كن الجسم غير متجانس وغير متناظر فإن مركز كتلته يقع عند نقطة هي اقرب الى الجزء الاكبر كتلة.



الشكل (22)

هل تعلم ؟

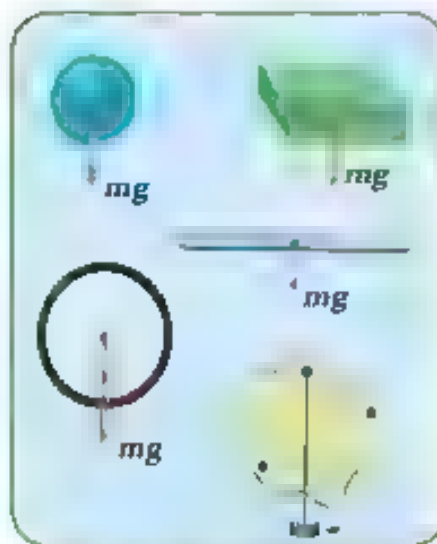


الشكل (23)

مركز كتلة الجسم في هذه الحالة يقع في نقطة هي اقرب الى الطرف الثقور في مسارها حول نقطة معينة هي مركز كتلتها (C_m) ويكون

مركز كتلة الجسم في هذه الحالة يقع في نقطة هي اقرب الى الطرف الثقور في مسارها حول نقطة معينة هي مركز كتلتها (C_m) ويكون

وهو مسار الجسم المقعوف نفسه لاحظ الشكل (23)

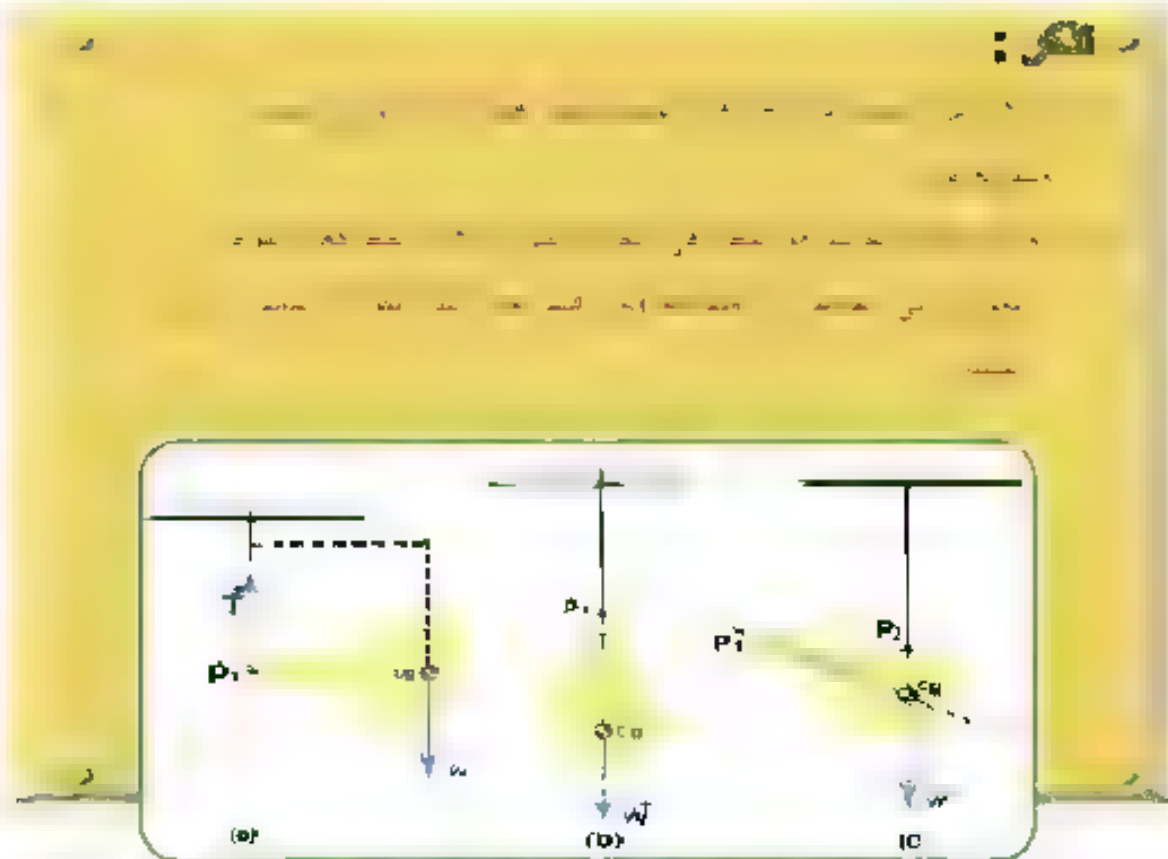


الشكل (24)

في معظم مسار الاجسام الجاسئة المنزبة تكون احدى القوى المؤثرة في الجسم هي قوة الجاذبية المؤثرة فيه وهي وزن الجسم وتمثل بسهم يتجه شاقولياً نحو الاسفل (نحو مركز الارض) ولحساب عزم قوة الجاذبية تلك نعرض ان الوزن الكلي للجسيمات المولعة للجسم تجمع في نقطة واحدة تسمى مركز الثقل (Center of gravity) ويرمز لها بـ (C_g) لاحظ الشكل (24)

يعرف مركز ثقل الجسم بأنه تلك النقطة التي لو غلقنا عليها الجسم في وضع ثابت في الفضاء، فإن الجسم يبقى في هذا الوضع. **هي مركز ثقل الجسم.**

وإن مركز ثقل الأجسام المجاورة والمتناظرة يقع في مركزها الهندسي.



س1/ أحضر الحربة الصحيحة لكن من العبارات التالية :

1 يقاس العزم بوحدة :

a , N m

b , N m

c , kg m

d , kg m

2 - لكي يكون الجسم مترد وسحقو شرط التوازن فإن :

a , $\sum \vec{F} < 0, \sum \vec{\tau} > 0$

b , $\sum \vec{F} > 1, \sum \vec{\tau} = 0$

c , $\sum \vec{F} = 0, \sum \vec{\tau} = 0$

d , $\sum \vec{F} > 0, \sum \vec{\tau} = 0$

3 يسفع شخص ياباً بقوة مقدارها (10N) مؤثر عمودياً عند نقطة تبعد (80cm) من

معاصل اليد . فإن عزم هذه القوة و هو حاصلات (N m) تساوي

a , 0.08

b , 8

c , 80

d , 800

4 يسفر ساق متجانس من منتصفه فوق دعامة . فإذا ارتكح طرفان متساويين مقدار

ويعاكسها الجاهلاً ومقدار كل مهبط \vec{F} هي طرية، فإن محصلة القوي تساوي

a , $2\vec{F}$ نحو الأعلى .

b , $2\vec{F}$ للأسفل .

c , $2\vec{F}$ للأسفل

d , صفر

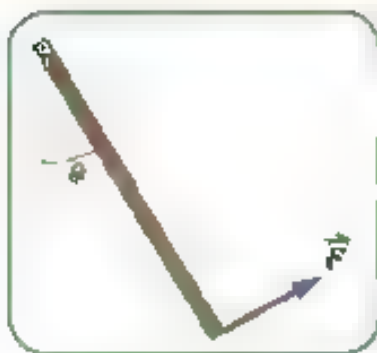
5 في السؤال التالي، نتيجة تأثير هاتين القوتين في السباق فانه سرور

a , يدور

b , يبقى ساكناً

c , يتحرك حركة اهتزازية

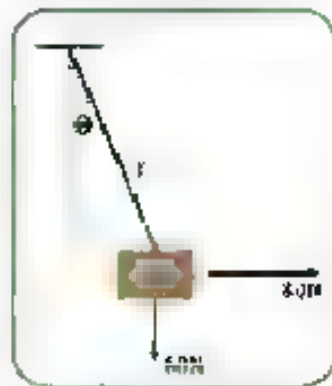
d , يتحرك انتقال



6 عنة معجسة كتله (m) (لاحظ الشكل) محاوره
معينه من الاعلى عدا النقطه O وتترك هذه العنقه
بحرية كالسول مد اثر ث فيها قوة \vec{F} عمود على العنقه
ومن طرفها السعيب. حال اعطى قوة مقدارها F تجعل
العنقه صرته ودر بومه مع الساقول متساوي

$2mg$ (a) $2mg \sin \theta$ (b)

$2mg \cos \theta$ (c) $\left(\frac{mg}{2}\right) \sin \theta$ (d)

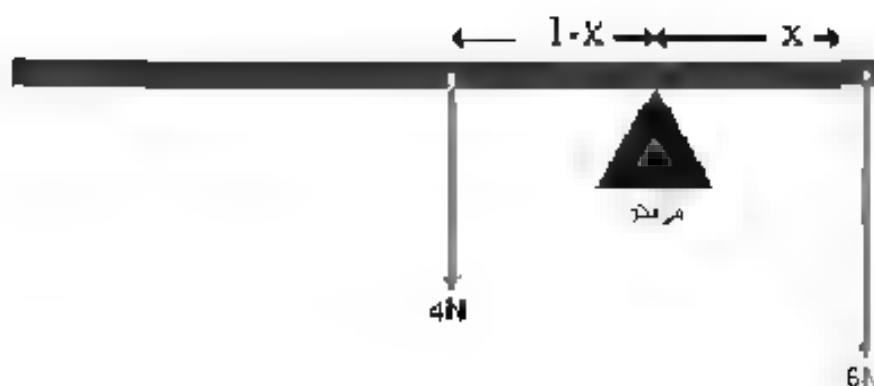


7 - منحرف يزر $(60N)$ معلق بواسطة حبل في مسد رأسي
لاحظ الشكل المجاور. فاد ائت فيه قوة فعيه مقدارها
 $(80N)$ صوب يصنع الحبل مع الشاقول رأوية قياسه

37° (a) 45° (b)

60° (c) 53° (d)

8 لوح متجانس وزنه $4N$ وطوله $(2m)$ معلق في احد طرفيه جسم وزنه $6N$ ،
لاحظ الشكل المجاور. نزل افقا عدا معنه يرتكز عليها تبعد عن الطرف المعلق به
الجسم مسافة



$0.2m$ (a)
 $0.4m$ (b)
 $0.6m$ (c)
 $0.8m$ (d)



س1: مقدار القوة \vec{F} التي يحدّر ال بونر فيها العامل في العنلة كي يستطيع رفع ثقل كتله 20kg ، المبين في الشكل المصنوع



س2: صباغ دور يرفع شوك ممتد بعرض اربعين كجم متبدر في شكل المجاور، وهو مبين من طرفه بحبلين قوة الشد فيها \vec{F}_1 و \vec{F}_2 ، ومقدار كتله الصباغ 75kg ، وكتله اللوح 20kg ، فاذنا كانت المسافة من الطرف الأيسر للوح إلى موضع وقوف الصباغ هي $d = 2\text{m}$ ، ومن الطرف الأيمن للوح 5m ، اوجد:



- a) مقدار القوة \vec{F}_1 المؤثرة بواسطة الحبل الأيسر في اللوح
b) مقدار القوة \vec{F}_2 المؤثرة بواسطة الحبل الأيمن في اللوح



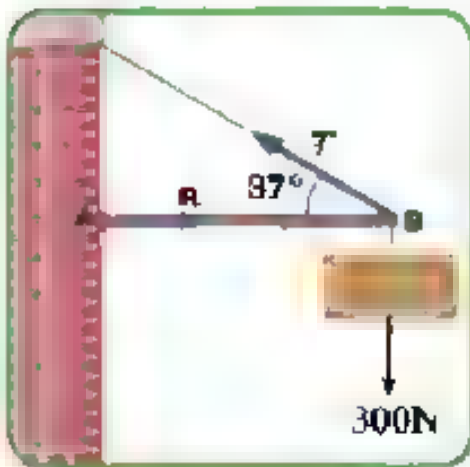
س3: يرفع صباغ على ارتفاع 3m من الأرض شوك ممتد ممتد طوله 5m ، يستطرقه لأعلى على حدار شوكولي عدد نقطة بعد 4.7m عن سطح الأرض لاحظ شكل المجاور . فاذنا كان وزن الصباغ 680N ، ووزن السلم 120N ، وعلى عرض عمود حكاك بين السلم وحادار اوجد قوة الاحتكاك f بين الأرض والطرف الآخر للسلم .



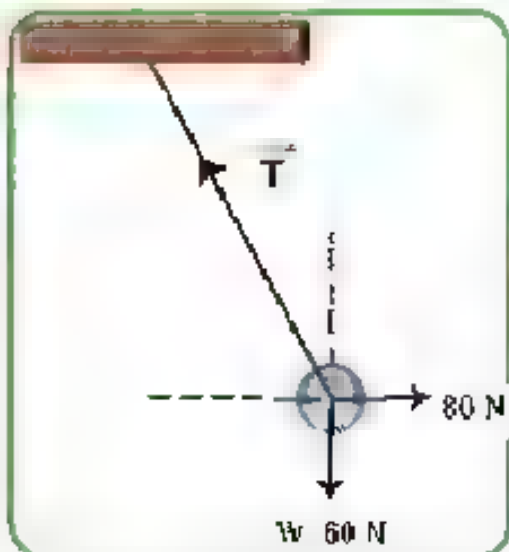
مسألة 4: يجلس ولدان على لوح منحاس مشد من منتصفه بعمامة كما هي في الشكل المجاور. إذا كان وزن اللوح (40N) ، ويؤثر في منتصفه وكان وزن الولد الأول (350N) ، ووزن الولد الثاني (800N) ، فابعد a ، في القوة العمودية F التي تؤثر به عمدة في اللوح.



مسألة 5: لوح أفقي مهمل الوزن صوله 6m ، يثبت من حذر سابه وطرفه السائب مربوط بحبل الى جدار ويصنع زاوية 37° مع الأفق، كما مبين في الشكل المجاور. على في طرفه السائب ثقل مقدار (300N) ما مقدار **a** : الشد T في حبل الربط. **b** رد فعل الجدار R على امتداد اللوح.



مسألة 6: أثرت قوة أفقية مقدارها (80N) في جسم كتلته (6kg) معيق بواسطة حبله. لاحظ للشكل المجاور، ما مقدار a : انحراف قوة الشد T التي تؤثر بها الحبل على الجسم المعيق ليعليه في حالة التوازن سكوني؟ $g=10\text{N/kg}$.

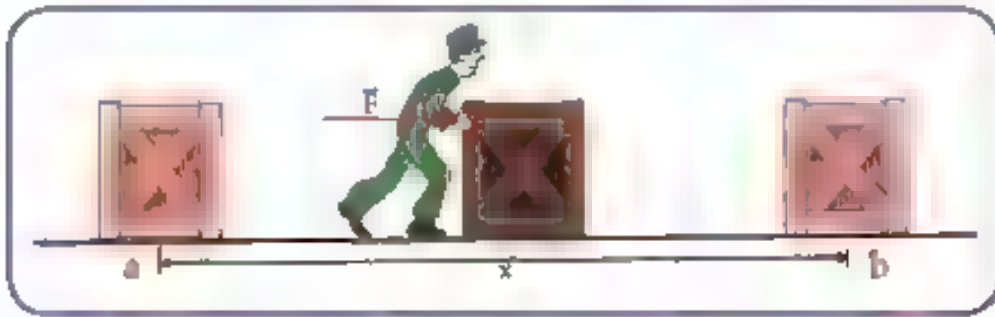


Work, Power, Energy, and Momentum

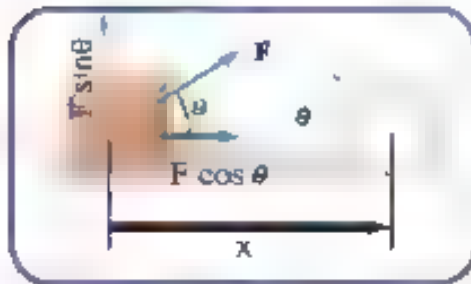


كأن يستعمل كلمة الشغل . لكن كم منا يعرف بالصبط ماذا تعني ؟

حيث نصلق كلمة الشغل بالمعنى العام على كل مجهود عقلي او عضلي نقوم به لاسس، اما بالمعنى الفيزيائي فلا بد من وجود قوة تؤثر في جسم ويقطع هذا الجسم اراحة باتجاه مو ار لتلك القوة او لاحدى مركباتها مثلا لنفرض ان القوة \vec{F} اثرت في صندوق واستطعت تحريكه من a الى b اراحة قدرها \vec{x} كما مبين في الشكل (1) فلها تكون قد بذلت شغلا عليه .



الشكل (1)



أما اذا اثرت القوة في الصندوق باتجاه يصنع زاوية θ مع اتجاه الاراحة \vec{x} ، فاننا نقوم بتحليل متجه القوة الى مركبتين، كما في الشكل مركبة افقية $F \cos \theta$ ، ومركبة شاقولية $F \sin \theta$ ، لو منبأ اي المركبتين حركت الجسم ؟ و ايهما انجرت شغلا ؟ للإجابة على هذا التسؤل لاحظ

الشكل (2)

الشكل (2) إذ نجد ان مركبة القوة باتجاه اراحة الجسم هي

وحدها التي انجرت شغلا . وبذلك يصبح تعريف الشغل W على النحو الاتي

Work done, $W = \text{Force} \cdot \text{Displacement}$, \vec{x}

$$W = (F \cos \theta) \cdot x$$

$$W = F \cdot x \cdot \cos \theta$$

والشغل يعرف رياضيا بالعرب القياسي (النقطي) لمتجهي القوة والاراحة

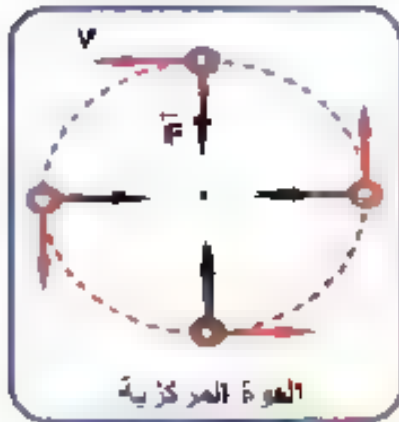
\vec{F} : متجه القوة الثابتة المرثرة في الجسم

\vec{x} : متجه الاراحة

θ : الزاوية المحصورة بين المتجهين \vec{F} , \vec{x}



الوحدات الشغل تعتمد على وحدات القوة والازاحة فلقدره في النظام الدولي تقاس بالنيوتن و الازاحة بالمتر لذلك مقدار الشغل بوحدات **Newton meter** , وتسمى **Joule** والشغل كميته هيسية (عديمية) ويكون موجبا او سالبا او صفرا



ومعتمد إشارة الشغل على الزاوية θ بين متجهي القوة و الازاحة فقط وذلك لان مقدار كل من (\vec{F}) و (\vec{x}) موجب دائما

ومن الامثلة على القوى التي لا شغل سحلا
(الشغل = صفر) للقوة المركزية وذلك لانها عمودية الازاحة دائما
الاحد ثوما لاحظ شكل 3 , كذلك الشكل 4 ,



اذا \vec{F} لانشأ شعلا على الدلتا لان ليس لها مركبة مع اتجاه الازاحة



1 , شخص يمشي فقيه ويحمل صندوقا بيديه
ما مقدار الشغل الذي يبذله الشخص ؟
لاحظ الشكل (5) ,



2 , ما مقدار الشغل الذي يبذل « صلب »
بفتح جاز : لاحظ الشكل (6) ؟



الشكل 7

رجل يسحب مكسبه كهر بانه بقوة

بمقدار $F = 50 \text{ N}$ بزاوية 30° مع الأفق (أنظر الشكل 7).
احسب الشغل المنجز من قبل القوة على المكسبة الكهرسائية
بعد تحريكها لأعلى مقدارها 3 m بارتفاع المصير

حل /

Work done, $W = \text{Force, } F \times \text{displacement, } x \times \cos \theta$

$$W = F \times \cos \theta$$

$$W = (50 \text{ N}) (3 \text{ m}) \cos 30^\circ$$

$$W = 130 \text{ Joule}$$

سؤال ؟

لو ان القوة المؤثرة في جسم معين لم تستطيع تحريكه فما مقدار

الشغل الذي يكون قد بذلته تلك القوة في هذه الحالة ؟



الشكل 8a

بشكل 8a، رافع الأثقال الذي يحصل

الأثقال التي مقدارها 710 N وفي الشكل 8b، يدير

الرافع الأثقال لأعلى مقدارها 0.65 m إلى الأعلى

وفي الشكل 8c، يخفض الأثقال إلى الأسفل بالارتفاع

نفسه.

قد كانت عمليه رفع وخفض الأثقال تمت بسرعه ثابتة

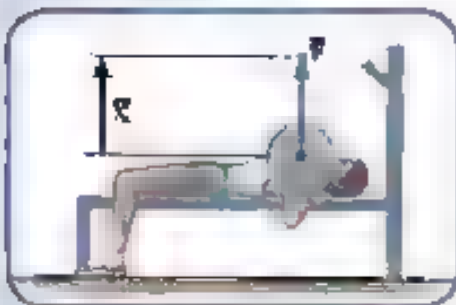
فوجد الشخص المسجل على الأثقال من قبل رافع الأثقال

في حالة: a) رفع الأثقال b) خفض الأثقال

الحل /

a) في حالة رفع الأثقال الشكل 8b، فإن الشغل

المسجل بواسطة القوة F يعطى بالعلاقة:



الشكل 8b

$$W = F \times \cos \theta$$

$$W = (710\text{N})(0.65) \cos 0^\circ$$

$$\cos 0^\circ = 1$$

$$W = 460 \text{ Joule}$$

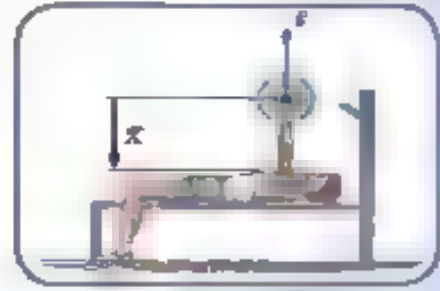
ن. في حالة خفض الأثقال الشكل (8c) ، فإن الشغل بواسطة القوة F يعطى بـ

$$W = F \times \cos \theta$$

$$W = (710\text{N})(0.65) \cos 180^\circ$$

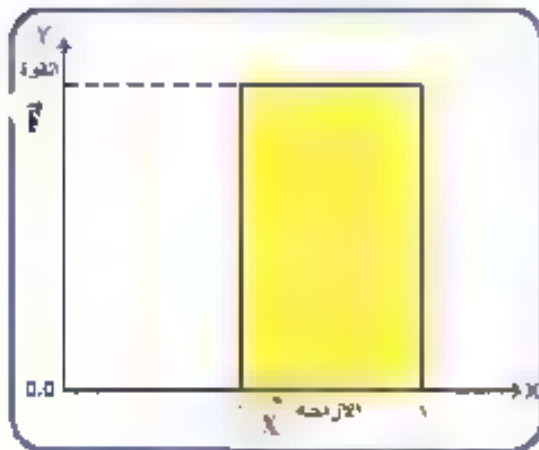
$$\cos 180^\circ = -1$$

$$W = -460 \text{ J}$$



(8c)

ومن هذا نجد أن الشغل سالب في هذه الحالة لأن متجه القوة معاكس لاتجاه الازاحة،
ففي حين كان الشغل في حالة رفع الأثقال موجباً لأن متجه القوة بنفس اتجاه الازاحة



شكل 9

إذا تم اراحة جسم افقياً بتأثير قوة ثابتة، فإنه يمكن
تمثيل العلاقة بين القوة والازاحة بيانياً ، كما في
الشكل (9) إذ يمثل المحور الأفقي (x) الازاحة الأفقية
والمحور العمودي (y) يمثل القوة (F) ، حيث بقيت
القوة ثابتة ولم تتغير .

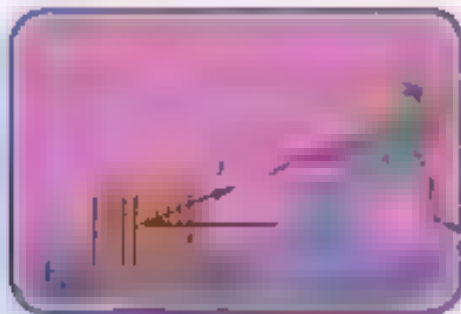
أن المساحة المصغلة تحت المنحني - مساحة المستطيل الذي طوله ab ، وعرضه OF ، أي
المساحة تحت المنحني = الشغل

$$W = F \times x$$

فيم نعلم ، ندرساً تعريف الشغل الذي تبيلة قوة ثابتة واحدة في جسم ، ماذا لو أثر في الجسم
قوى عدة ؟

في مثل هذه الحالة نقوم بتحليل كل قوة الى مركبتها، ثم نحسب شغل مركبة كل قوة على حدة،
ثم نحسب الشغل الكلي الذي يمثل شغل القوة المحصلة

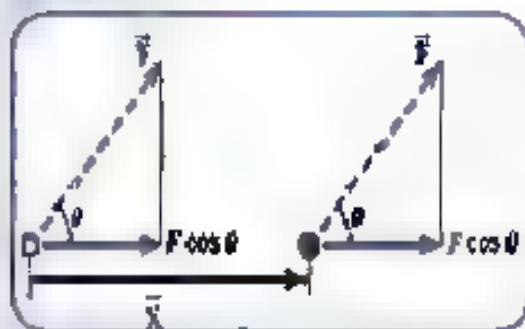
3



10a

تسحب شخص صندوقاً على سطح أفقي حثس يسرع به تحت تأثير قوة الشد \vec{F} والتي يصنع زاوية قياسها 37° مع المحور الأفقي \vec{x} ، وتحركه أفراحه مد 5m لاحظ الشكل 10a، فإذا كانت قوة الاحتكاك الأثر لأفقي f_k ميز للصوت والسطح تساوي 20N ، ما مقدار قوة الشد \vec{F} وما مقدار الشغل المنجز بواسطه قوة الشد ؟

الحل:



10b

من الشكل 10a، نلاحظ أن قوة الاحتكاك f_k تساوي 20N ، المركبة الأفقية لقوة الشد تساوي $F \cos 37^\circ$ ، وبما أن الصندوق يتحرك يسرع به بانه

فإن محصله القوى الأفقية المؤثرة فيه يساوي صفراً

$$\sum \vec{F}_x = 0$$
 حسب القانون الأول لنيوتن، وبالتالي

فإن الشغل الكلي المبذول يساوي صفراً، أي أن

الشغل الكلي = القوة للمحصله \times لافحه - صفراً، أي أن

الشغل الذي تنجزه قوة الشد W_1 + الشغل الذي تنجزه قوة الاحتكاك الأثر W_2 فهي W_1

$$= \text{صفراً}$$

$$W_1 = W_2$$

وإن قوة الشد الأفقية $F \cos \theta$ تساوي بعاكس قوة الاحتكاك الأثر f_k ، وبما

$$F \cos \theta = f_k = 20\text{N}$$

$$F \cos 37^\circ = 20\text{N}$$

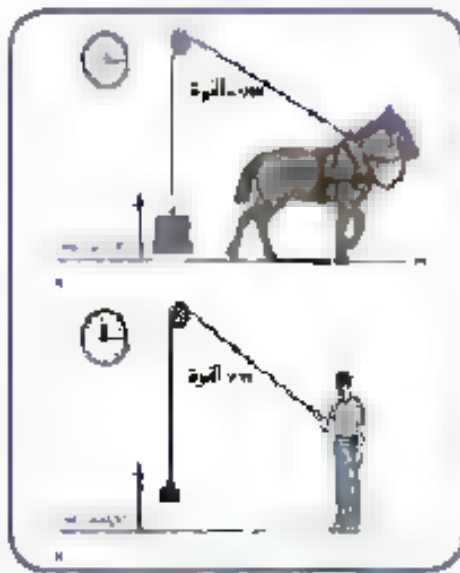
$$F \times 0.8 = 20\text{N}$$

$$F = (20 / 0.8) = 25\text{N}$$

المعنى المبذول بواسطه قوة الشد F هو W_1

$$W = F \cos 37^\circ \times 5 = 100 \text{ J}$$





- يوضح الشكل (11)، شخص وحصان يرفعان نظير
محتجين لأحد مقدارها $1m$ على مسافة معينة. نأمل
الشكل (11)، ويجب من الاستدلال الآتية
- 1 ما الشغل الذي أجراه كل واحد على حدة؟
 - 2 هل أجر الحاصل والرجل الشغل نفسه؟
 - 3 جد نسبة الشغل على الزمن لكل واحد منهم
مادام لاحظ

يعمل أربع قسمة الشغل المتجر على الزمن فنرى كل منهم
لا يعرف الفترة بأنها المعدل الزمني لإحدى الشغل أي من:

$$\text{Power (Watt)} = \frac{\text{Work (Joule)}}{\text{Time (s)}}$$

$$P = W \cdot t$$

ومن المعادلة أعلاه نلاحظ أن الفترة t قياس بوحدة Joule Second وتعرف بالواط Watt .

ومن الوحدات الشائعة لقياس القدرة هي القدرة الحصانية horse power .

$$1 \text{ horse power (hp)} = 746 \text{ watt}$$

هذه العلاقة آخر و القدرة تسمى القدرة اللحظية $\text{Instantaneous Power}$.

وهي الفترة المتوسطة حيث طول الفترة الزمنية التي تقصر قد كانت القوة التي سحر الشغل
ثابتة ولا تغير مع الزمن t ، في الفترة اللحظية P_{ins} يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\text{Instantaneous Power (P}_{\text{ins}}) = \frac{\text{work done (w)}}{\text{Time (t)}} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

وساكن $\vec{v} = \frac{dx}{dt}$ وهي السرعة اللحظية، ويجب الحصول على:

$$P_{\text{ins}} = \vec{F} \cdot \vec{v}_{\text{net}}$$

$$P_{\text{ins}} = Fv \cos \theta$$

أو θ هو الزاوية بين متجه السرعة \vec{v} ومتجه القوة \vec{F} .

مصعد كهربائي يحمل بعدد من الأشخاص، يرتفع إلى 12 متر عن ساحة
 0.7m s⁻¹ . اكتب القدرة التي يبذلها السلك الفولاذي الحامل للمصعد 20300Watt
 احسب القوة التي تُبذل في السلك لأحد السكّ (12)



الحل /

إن تأثير السلك في المصعد يكون قوة شدّ يحدّه الأعلى
 في أثناء صعوده، وبذلك تكون القوة والسرعة بالاتجاه نفسه
 أي أن: الزاوية بينهما تساوي صفرًا ($\theta = 0$) ومن قانون
 القدرة نحصل على

$$P = F \cdot v \cdot \cos \theta$$

$$20300 = (F) \times (0.7) \times (\cos 0)$$

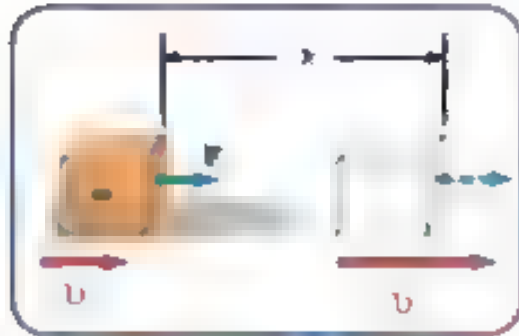
$$F = 20300 / 0.7 = 29000 \text{ N} \quad \text{قوة الشد}$$

الطاقة الحركية

الكتلة التي يمتلكها جسيم على اتجاه معين يمتلك طاقة وتقاس لطافته بوحدة قياس الشغل، هي
 الجول Joule هناك صور مختلفة للطاقة ويمكن تحويل بعضها إلى بعض، ومن أنواعها

- 1- الطاقة الميكانيكية
 - أ- الطاقة الحركية
 - ب- الطاقة الكامنة سرعتها - الطاقة الكامنة التناظرية والطاقة الكامنة للمرونة
- 2- الطاقة الحرارية
- 3- الطاقة الكيميائية
- 4- الطاقة المغناطيسية
- 5- الطاقة النووية
- 6- الطاقة الكهربائية
- 7- الطاقة الصوتية
- 8- الطاقة الضوئية

تمتلك الاجسام المتحركة القابلية على انجاز شغل ، اي انها تمتلك طاقة ، ونسمى الطاقة التي يمتلكها جسم متحرك بالطاقة الحركية ، والامثلة عليها كثيرة، منها : كرة تسقط باتجاه الارض وسيارة متحركة، الرياح المتحركة ، وشخص يركض الح



الشكل (13)

ولكن الاجسام تتفاوت في طاقتها الحركية .
ما المقصود بالشغل والطاقة ؟ وما العلاقة بينهما ؟
باجابة على ذلك ، سوف نشتق علاقة مهمة
ترتبط بين الشغل والطاقة كما يأتي :
لو ان جسما كتلته (m) يسير في خط افقي

مستقيم ، اثر ب فيه محصلة قوة خارجية \vec{F} فتغيرت سرعته من u الى السرعة v ، ونحرك الراحه \vec{x} لاحظ الشكل (13)

$$W = \vec{F} \cdot \vec{x}$$

فان الشغل المبذول على الجسم يكون

وطبقا للقانون الثاني لنيوتن فان

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$W = (ma) \cdot x$$

ومن معادلة الحركة بتعجيل ثابت فان ،

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ax \Rightarrow x = (v_f^2 - v_i^2) / 2a$$

و اذا عوضنا في المعادلة $W = \vec{F} \cdot \vec{x}$ نحصل على $W = ma \cdot (v_f^2 - v_i^2) / 2a$

$$W = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2$$

$$W = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2$$

$$W = KE_f - KE_i = \Delta KE$$

وهذا يعني ان الشغل الذي تجره محصلة قوى خارجية تؤثر في الجسم يسوي التغير في طاقته الحركية ΔKE ، مع ملاحظة ان محصلة القوى تكون موجبه اذا كانت باتجاه الحركة وسالية اذا كانت معاكسة لاتجاه الحركة

لذا نستطيع القول ان الجسم الذي كتلته m ويتحرك بسرعة u وانه يمتلك طاقة حركية (KE) تعطى بالعلاقة الالية :

Kinetic Energy , $KE = \frac{1}{2}mv^2$, mass , m , velocity , v .

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

و ان وحدات الطاقة الحركية KE هي تقوى و وحدات الشغل و هي **Joule**

سيارة كتلتها 2000Kg تتحرك على ارض افقية صعد سائق السيارة

على الكوارج حينا كانت تسير بسرعة 20m فوقفت بعد 100m

مسافة 100m كما في الشكل 14 ج مبحثي

1. التعبير في الطاقة الحركية ، 2. الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك في ايقاف السيارة

3. مقدار قوة الاحتكاك بين عجلات السيارة و الطريق على فرض انها ممتلئة



الحل

1. التعبير في الطاقة الحركية ΔKE - الطاقة الحركية النهائية KE_f

- الطاقة الحركية الابتدائية KE_i

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 0^2 - \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 20^2$$

$$= 0 - 1000 \cdot 400$$

$$\Delta KE = -400000 \text{ J}$$

2. الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك W - التعبير في الطاقة الحركية ΔKE

$$W = -400000 \text{ J}$$

3. الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك $f_x \cos \theta$ - التعبير في الطاقة الحركية ΔKE

$$\Delta KE = f_x \cos \theta$$

$$\theta = 180^\circ, \cos 180^\circ = -1$$

$$KE = f_x \cos 180$$

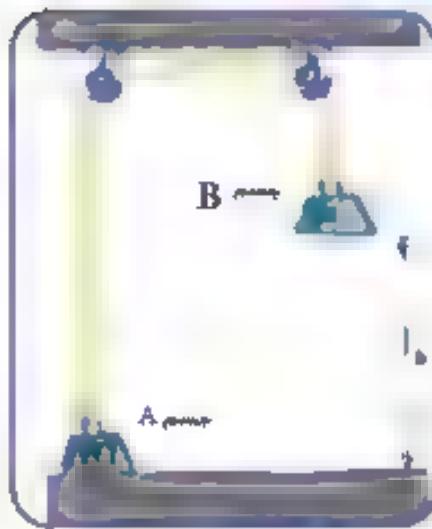
$$-400000 = f_x \cdot 100 \cdot (-1)$$

$$f_x = \frac{400000}{100}$$

$$4000 \text{ N} \quad (\text{قوة الاحتكاك})$$



بعد دراستنا السابقة لاحظنا بعض الأجسام يمكن أن تبذل شغلا بفعل حركتها لكن هناك اجسام اخرى تستطيع ان تبذل شغلا بسبب كمية الطاقة المخزنة في الجسم ، فما المقصود بالطاقة الكامنة (المخزنة)؟ لطاقه الكامنة هي كمية الطاقة المخزنة في الجسم التي يمكن ان تنجز شغلا متى ما اريد لها ذلك ، و تقسم على النحو التالي :



الشكل (15)

وهي الطاقة التي يكتسبها الجسم بسبب قوى الجاذبية فمثلا النظام المبين في الشكل (15)، يمثل بكرتين مهملتين الاحتكاك والوزن تحملان جسمين متساويين بالكتلة و لنفرض ان وزن كلا منهما mg فادا دفع الجسم B دفعة صغيرة الى الاسفل فانه سوف يبدأ بالسقوط ببطء باتجاه الارض بسرعة ثابتة المقدار و سوف يبدأ الجسم A في الارتفاع الى الاعلى في الوقت نفسه الذي يزل فيه الجسم B الى الاسفل، فادا كان الجسم B مثلاً قد هبط مسافة h الى الاسفل فان الجسم A قد ارتفع المسافة نفسها h عن الارض . فما مقدار الشغل المبذول بواسطة الحبل على الجسم A عند رفعه من سطح

الارض بسرعة ثابتة المقدار؟ بما ان الشد في الحبل يساوي وزن الجسم A وهو mg فإن الشغل المبذول بواسطة الحبل طبقا لتعريف الشغل :

$$W = mg h$$

ان الجسم B يشد الجسم A الى الاعلى لذا فهو يبذل شغلا مقداره $mg h$ ، اذ ان h هي المسافة التي يهبط منها الجسم B ، لذا فان الجسم A يكتسب مقداراً من الطاقة يساوي الشغل المبذول عليه، اي ان الجسم A في موضعه الجديد يحتزن طاقه . ولان الجسم اكتسب هذه الطاقة عندما رفع الى



اعلى صد الجاذبية، فإن الطاقة التي يحتربها تسمى
(الحدود الكمية) (طاقة الوضع) وتساوي الشغل الذي بذل على الجسم صد الجاذبية
من الطاقة الكامنة التناقلية (GPE) تعطى بالعلاقة الآتية .

Gravitational Potential Energy (GPE)

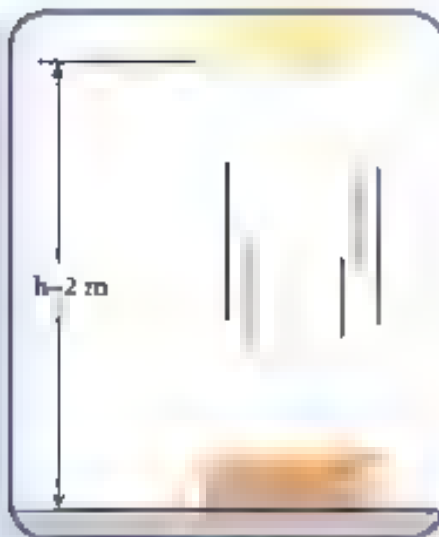
mass m gravity acceleration g vertical height h

$$GPE = m \times g \times h$$

وتقاس الطاقة الكامنة التناقلية في النظام الدولي بوحدة الشغل نفسها وهي الجول **Joule**
بدا تقدر الطاقة الكامنة التناقلية بالنسبة لمستوى معين بحاصل ضرب وزن الجسم بالارتفاع
للشاقولي.

هل تعلم ؟

إن مياه الشلالات تمتلك طاقة كامنة من
جراه وصعها المرتفع لذا عند سقوطها
الى مستواها الاصلي تستطيع انجاز شغل
بسبب وزنها فتدور التوربينات وتشغل
المولدات



الشكل (17)

احسب التعبير في الطاقة الكامنة التناقلية

في مجال الجاذبية الارضية لكتاب كتلته 3kg عند سطح
الارض وعلى ارتفاع 2m عن سطح الارض

اعتبر ان $g = 10 \text{ m/s}^2$

الحل:

نختار أولاً مستوى الإسناد الذي تُعدُّ الطاقة الكامنة
التناقلية عنده تساوي صفراً وليكن سطح الارض اي عند
 $h = 0$ ثم نحسب الطاقة الكامنة في الموقعين المشار

اليهما ؟

$$\begin{aligned} \text{GPE}_1 &= mgh \\ \text{GPE}_1 &= 3 \times 10 \times 0 \\ \text{GPE}_1 &= 0 \end{aligned}$$

أما الطاقة الكامنة GPE_2 على ارتفاع 2m عن المستوى القياسي تعطى بـ:

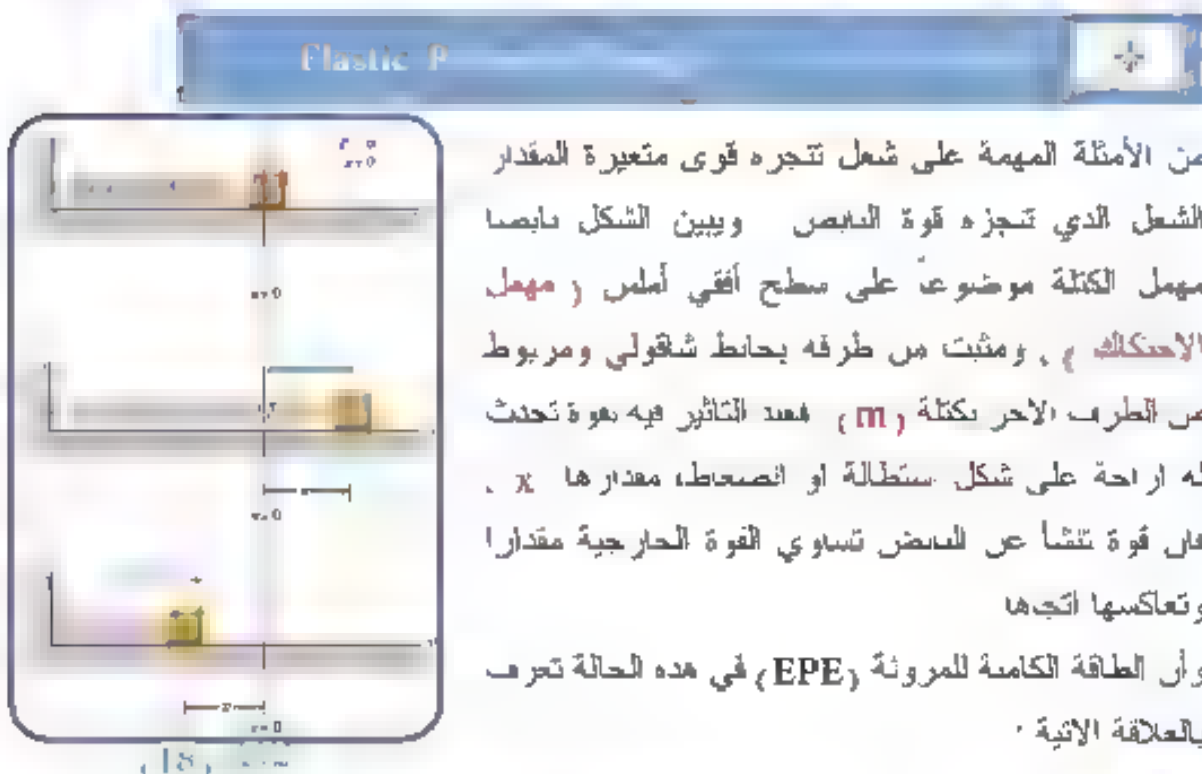
$$\begin{aligned} \text{GPE}_2 &= mgh \\ \text{GPE}_2 &= 3 \times 10 \times 2 \\ \text{GPE}_2 &= 60\text{J} \end{aligned}$$

ثم نحسب التغير في الطاقة الكامنة للجسم ΔGPE عن المستوى الأفقي كالآتي:

$$\begin{aligned}\Delta G_{PE} &= G_{PE_2} - G_{PE_1} \\ &= 60 - 0 \\ &= 60 \text{ J}\end{aligned}$$

سؤال؟

أعد حل المثال السابق على افتراض أن مستوى الإسناد على ارتفاع 2m وأنت في النحير في الطاقة الكامنة التفاضلية يساوي القيمة نفسها 60J وبذلك تحقق من أن التعبير في الطاقة الكامنة لا يعتمد على اختيار مستوى الإسناد .



Elastic potential Energy (EPE) = $\frac{1}{2}$ spring constant K , (change in spring's length x x^2)

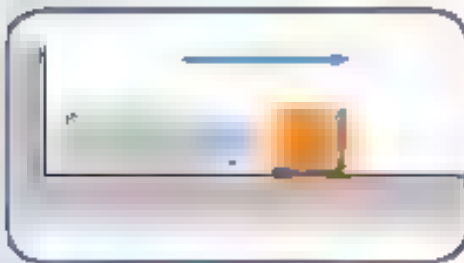
$$EPE = \frac{1}{2} Kx^2$$

K ثابت الرباط و يقاس بوحدات N/m

x مقدار التمدد في طول الرباط

وان وحدات الطاقة الكامنة لفرصة هي الجول (Joule)

7 1



19, 19

رابط معدني ثابت القوة $200N/m$

يحب احد طرفيه بجدار شافولي و وصل طرفه لآخر بجسم

كتله $2kg$ موضوع على سطح افقي لمس

لاحظ الشكل (19) كيس الرباط في احدى مفاصله $0.2m$

ما اقصى التمدد في الرباط للجسم عند ازالة القوة المباعدة

عدد 9

الحل:

Elastic Potential Energy (EPE) = Kinetic Energy (KE)

$$\Delta EPE = \Delta KE$$

$$\frac{1}{2} Kx^2 = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\frac{1}{2} (200) (0.2)^2 = \frac{1}{2} (2) v^2$$

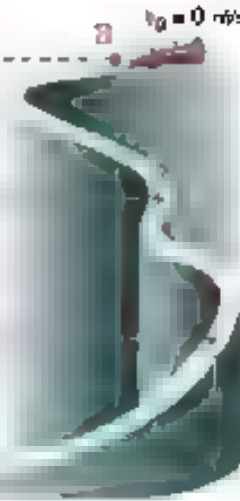
$$v^2 = 4$$

$v = 2m/s$ انطلاق الجسم

مقدمة

لقد نرى أنه إذا لم يكن هناك فقد يمتلك طاقة كمية أو طاقة حركية ، وهذا يتسائل ، هل يمكن
تجميع أن يمتلك طاقة كمية وطاقة حركية في الوقت نفسه ؟ وهل يمكن أن تتحول الطاقة
كمية إلى طاقة حركية ، أو بالعكس ؟

| KE | PE | $E = KE + PE$ |
|-----------|-----------|---------------|
| 0 J | 600 000 J | 600 000 J |
| 200 000 J | 400 000 J | 600 000 J |
| 400 000 J | 200 000 J | 600 000 J |
| 600 000 J | 0 J | 600 000 J |



كي نتوصل إلى لاجبة تامل
الشكل (20) ، الذي يبين
طاقة التي يمتلكها جسم
عد نقاط مختلفة في أثناء
دروكه ، بهملا مقاومة الهواء
والاحتكاك ، ثم احس عن الأسطة
التالية

الشكل (20)

- 1- عدد أي نقطة تكون لطاقة الكمية فيه عظمى ؟ ومدا ؟
- 2- عدد أي نقطة تكون لطاقة الحركية فيه عظمى ؟ ومدا ؟
- 3- كيف نصف التغير في الطاقة الكمية والطاقة الحركية في أثناء حركة الجسم ؟
- 4- حد حاصل جمع الطاقة الكمية والطاقة الحركية عد كل نقطة ؟ ماذا نلاحظ ؟

ماذا نلاحظ لاحله ؟

تعد الحالة التي يبينها الشكل (20) مثالا على حفظ الطاقة الميكانيكية (E_{mech}) ، أي أن
طاقة يمكن أن تتحول من شكل إلى آخر ولكن في أي عملية من عمليات تحول الطاقة يكون ما
تتحول من أحد أشكال الطاقة مساو لما أصبح عن أشكال الأخرى ، حيث يبقى المقدار شكلي
سطافة ثابت أي أن

Mechanical Energy, E_{mech} = Potential Energy, PE , Kinetic Energy, KE

$$E_{mech} = PE + KE$$

ويسمى مجموع الطاقة الكمية والطاقة الحركية لنظام محافظ في موقع ما ، بالطاقة

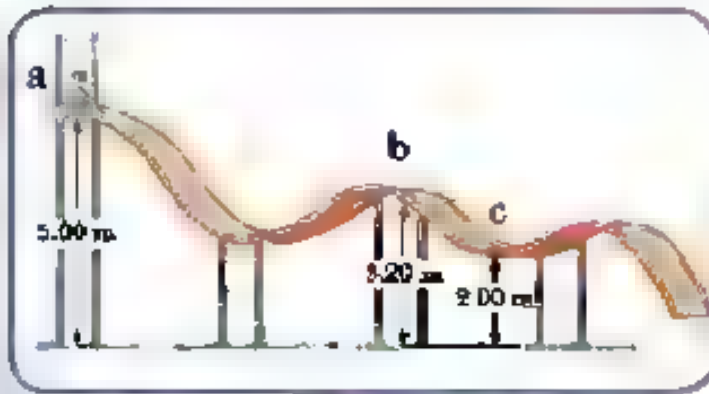
الميكانيكية E_{mech} في أن

الحدود الحركية في الموقع ٢٠٠ م/ث = الحدود الحركية في الموقع ٢٠٠ م/ث

$$(KE + PE)_i$$

$$(KE + PE)_f$$

و تسمى المعادلة أعلاه (قانون حفظ الطاقة الميكانيكية)



الشكل (21)

أفرقت كرة كتلتها

5 kg من السكون من نقطة a، عبر

مسار مهم (حكاك كما في

الشكل 21) احسب سرعته

الكرة عند النقطتين b، c علم أن

المحيط الأرضي يساوي 10 m/s^2

الحل:

بما أن الكرة تسقط من ارتفاع 5.00 م، فإن الطاقة الحركية في الموقع a تساوي صفرًا، ولذا

تساوي سطح الأرض. وبحساب سرعته الكرة عند النقطة b، نطبق قانون حفظ الطاقة

الميكانيكية بين الموقعين a و b

الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$(1/2)mv_i^2 + (mgh)_i = (1/2)mv_f^2 + (mgh)_f$$

$$(1/2) \times 5 \times v_i^2 + 5 \times 10 \times 5.00 = 0 + 5 \times 10 \times 3.20$$

$$2.5v_i^2 + 250 = 160 \Rightarrow v_i^2 = 36 \Rightarrow v_i = 6 \text{ m/s}$$

سرعة الكرة عند الموقع b تساوي 6 m/s، أما السرعة عند النقطة c، فبحسب تطبيق قانون

$$KE_c + PE_c = KE_b + PE_b$$

حفظ الطاقة بين الموقعين b و c،

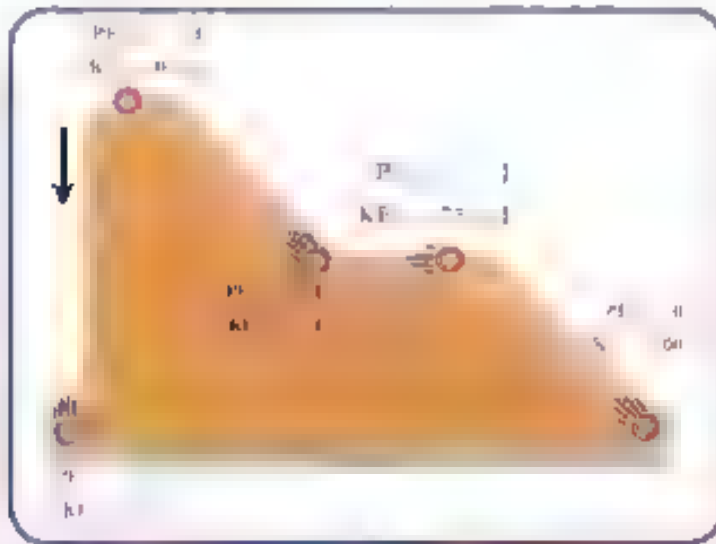
$$(1/2)mv_c^2 + (mgh)_c = (1/2)mv_b^2 + (mgh)_b$$

$$(1/2) \times 5 \times v_c^2 + 5 \times 10 \times 2.00 = (1/2) \times 5 \times (6^2) + 5 \times 10 \times 3.20$$

$$v_c = 7.746 \text{ m/s}$$

سرعة الكرة عند النقطة c

سؤال



يوضح الشكل (22) كرة

موصولة في اعلى بصح صائل

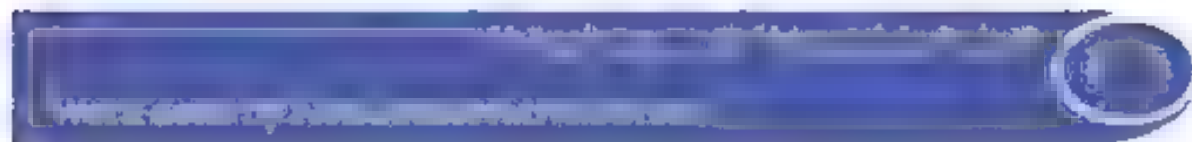
يُنهمل مقاومة للهواء والاحتكاك

نمذ لتراجعت في الشكل في الحالات

الآتية .

1 سقوط الكرة سقوطاً حراً

2- حركة الكرة على المسوي للمائل



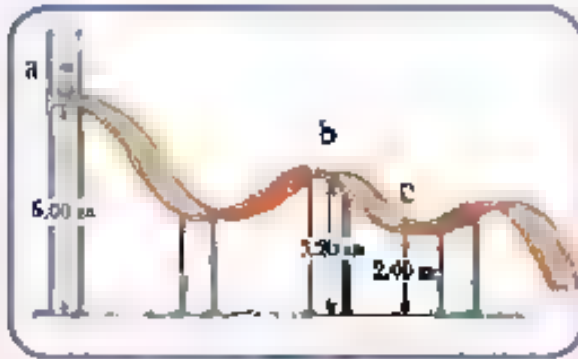
ان وجود قوى غير محافظة في نظام حاصص لجاذبية يسبب تغير في الطاقة الميكانيكية للنظام ، على هذا الاسس فان شغل القوى غير المحافظة يساوي التغير في الطاقة الميكانيكية للنظام ، ذلك على النحو الآتي

| | | |
|------------------------|---|---------------------------------|
| Work done by, W_{nc} | = | Change in the, $E_f - E_i$ |
| Nonconserative forces | | mechanical energy of the system |
| $W_{nc} = E_f - E_i$ | | |

إن W_{nc} هي شغل القوى غير المحافظة فإذا كان شغل القوى غير المحافظة سالباً، كما هو الحال في فري الاحتكاك ومقاومة الهواء، فإن ذلك يسبب نقصاً في الطاقة لميكانيكية النظام ، أما إذا كانت لقوى غير المحافظة تد (إيجاباً موجب)، كما هو الحال عند استعمال المحرك كالم لآلات تحصد زيادة في الطاقة الميكانيكية للنظام

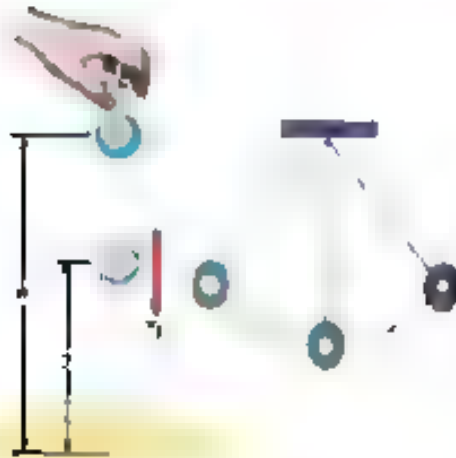


سؤال



شكل 23

سرافت كرة كتلتها 5 kg من السكوب عند النقطة (a) على المسار الممضي كما مبين في الشكل (23)، إذا علمت أن القصور سهمل الاحتكاك في الجزء من (a) إلى (b) وحتس من (b) إلى (c) حد صغالى =
 1- سرعة الكرة عند النقطة (b)
 2- فوء الاحتكاك لتي تتعرض ليا الكرة في الجزء من (b) إلى (c) ، ان علمت انها توقف عند النقطة (c) بعد قطع مسافة 10 m من النقطة (b)



شكل 24

حائل ذو اسك - عز يري الطالب معرفت ان للطاقة صورة ، معبده فملا عند سقوط جسم بالنياد الارض ، وحرر مثلاً ، فيه يمتلك بطة سقوطه على الارض طاقه حركيه لاحظ شكل 24 ، ولكن من الملاحظ ان الجسم يسكن بعد اصطامه الارض ، اي يصبح طاقته الحركيه صفر ، فملا من طاقته الكاسه ، في حالة اختيار مستوى لاسناد هو الارض ، فغير نعب الطاقة ؟ كذاك لو ععب جدول بسيط ور قب حركته لمدة كاهه فتلاحظ ان لارتفاعه سناقص تدريجيا وفي النهاية يتوقف قلب دعب طاقته

وعلى هذ الاماكن فار ما يفسر اي شكل من شكل الصلقة بكون مساويا لم يسع من الاشكال الاخرى ، بمعنى ان الطاقة تكرر دائما محفوظه وهذه العمليه تستند على واحد من اهم القوانين في الطبيعة الا وهو قسور حفظ الطاقة الذي يصح =

الحقيقه ، تقى = لا يصعب وكر يمكن تحديد من صور : هي حركي
 اي ان المصعب = الكسب بطفه في الكون بطق شت



تسمى الكمية الناجمة عن حاصل ضرب كتلة الجسم و سرعته ، الزخم الخطي و يمثل له بالعلاقة الآتية

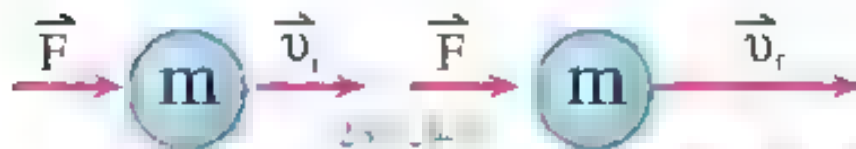
$$\text{Linear Momentum, } P = \text{Mass, } m, \text{ Velocity, } \vec{v}$$

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

و الزخم هو كمية متجه تكون دوماً باتجاه سرعة الجسم، وقد أطلق عليها العالم نيوتن

اسم **كمية الحركة (Quantity of motion)** .

وينتج مقدار الزخم على كتلة الجسم وسرعته . فلو أن سيارتين متساويتان في الكتلة وسرعة أحدهما ضعف سرعة الأخرى ، فمن السهولة إيقاف السيارة ذات السرعة القليلة لأن زخمها صغير ولكن من الصعب جدا إيقاف السيارة ذات السرعة الأكبر لأن زخمها كبيراً ومن الجدير بالذكر أن زخم الجسم يتضاعف عندما تتضاعف كتلته . أن وحدة قياس الزخم هي kg m sec تصور جسم متحرك كتلته m وتؤثر فيه قوة F لمدة زمنية معينة فتغير سرعته من \vec{u} إلى \vec{v} كما في الشكل (25)



ولما كان :-

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{F} = m(\vec{v} - \vec{u}) / t$$

$$\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{u}$$

$(\vec{F} \times t)$ يمثل كمية فيزيائية تسمى دفع القوة، ويعد الدفع مقياساً للفعول المؤثرة في جسم

مضروبة بالمدة الزمنية التي تؤثر بها القوة في الجسم .

ومن الجدير بالذكر أن القوة \vec{F} هي القوة المحصلة المؤثرة في جسم أو نظام يتكون من جسيمات متعددة، ومنها نلاحظ أن الجسم إذا أثرت فيه قوة لمدة زمنية معينة، فإن ذلك يؤدي إلى تغيير زخمه

سيارة كتلتها 1200kg أخصب .

a) أخصب حينما تسير لك بسرعة 20m/s شمالاً

b) أخصبها إذا توقفت عن الحركة ثم تحركت نحو الجنوب بسرعة 40m/s

c) التغير في زخم السيارة في الحالتين السابقتين

الحل:

Linear Momentum $(\vec{P}) = \text{Mass } (m) \times \text{Velocity } (v)$

$$\vec{P} = m \vec{v}$$

a) $P = m v = 1200 \times 20 = 24 \times 10^3 \text{ kg m/s}$ إلى جهة شمالاً

b) $P_f = m v_f = 1200 \times 40 = 48 \times 10^3 \text{ kg m/s}$ إلى جهة جنوباً

c) change in Momentum $\Delta P = \text{Final Momentum } p - \text{initial Momentum } P$

$$\Delta \vec{P} = \vec{P}_f - \vec{P}_i$$

$$\Delta P = 48 \times 10^3 - 24 \times 10^3$$

$$\Delta P = 24 \times 10^3 \text{ kg m/s} \quad \text{التغير في الزخم جنوباً}$$



السيارة

اصطدمت سيارة كتلتها 1200kg و مقدار

سرعتها 20m/s بشجرة وبوقت بعد أن قطعت مسافة

15m زمن قتره 0.15s حدد مقدار القوة المتوسطة في

إيقاف السيارة *

الحل:

impulse $(\vec{F}t) = \text{change in momentum } (\vec{P})$

$$\vec{F} t = m (\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$

$$v_i = 20 \text{ m/s} \quad v_f = 0 \text{ m/s} \quad \text{لأنها توقفت عن الحركة}$$

$$F \times 0.15 = 1200 (0 - 20)$$

$$F = \frac{24000}{0.15}$$

$$F = 16 \times 10^4 \text{ N}$$

و تمثل القوة المتوسطة لإيقاف السيارة وتدل الإشارة السالبة على أن القوة

تؤثر باتجاه معاكس لجهة الحركة

هل قطع ؟



يلج مصمم السيارات إلى التقليل من
اثر الحوادث على ركبها وذلك بجعل مدة
تأثير القوة المؤثرة في الاجسام الموجودة
فيها طويلة نسبياً وتعمل الوسادة
الهوائية (airbag) لاحظ الشكل (26)
على تقليل تأثير القوة في الاجسام أثناء
التصادم فتزداد المدة الزمنية اللازمة
لإيقاف جسم السائق والركاب عن الحركة.



لقد عرفنا ان التعبير في رحم نظام ما يساوي الدفع الذي يتكفاه بفعل محصلة القوى
الخارجية في مدة تأثيرها ، إذا كانت محصلة القوى الخارجية تساوي صفراً ، بمعنى ان النظام
معزول ميكانيكياً فيمكننا كتابة معادلة الزخم الخطي و الدفع كم ياني

$$\text{impulse } \sum \vec{F} \Delta t = \text{change in momentum, } \vec{P}_f$$

$$\text{في : } \text{رحم قبل تصادم } (m_1 \vec{v}_1) + \text{الزخم بعد تصادم } (m_2 \vec{v}_2)$$

اذ ان :

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

$$0 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 0$$

تسمى المعادلة اعلاه قانون (حفظ الزخم الخطي) وينص على :-

إذا كانت محصلة القوى المؤثرة في النظام تساوي صفراً

فإن الزخم الخطي الكلي للنظام يبقى محفوظاً .

شاحنة كتلتها $3 \times 10^4 \text{ kg}$ متحركة بسرعة 10 m/s تصادمت مع سيارة كتلتها 1200 kg تتحرك في الاتجاه المضاد بسرعة 25 m/s وإذا انصبت السيارتان بعد التصادم بجهة سرعة تتحرك المجموعة ؟

الحل/ نفرض أن سرعة المجموعة بعد التصادم \vec{v}_{total}

$$m_1 + m_2 = \text{وان كتلة المجموعة}$$

الزخم الكلي قبل التصادم = الزخم الكلي بعد التصادم

$$\text{كتلة الشاحنة } (m_1) \times \text{سرعة الشاحنة } (v_1) + \text{كتلة السيارة } (m_2) \times \text{سرعة السيارة } (v_2) = \text{كتلة المجموعة } (m_1 + m_2) \times \text{سرعة المجموعة } (v_{\text{total}})$$

$$m_1 \times v_1 + m_2 \times v_2 = (m_1 + m_2) \times v_{\text{total}}$$

$$3 \times 10^4 (10) + 1200 (-25) = (30000 + 1200) \times v_{\text{total}}$$

أن سرعة السيارة مباشرة سالبة لأنها بعكس اتجاه حركة الشاحنة

$$v_{\text{total}} = (300000 - 30000) / 31200$$

$$= 270000 / 31200 = 8.65 \text{ m/s}$$

مقدار سرعة المجموعة بعد التصادم مباشرة

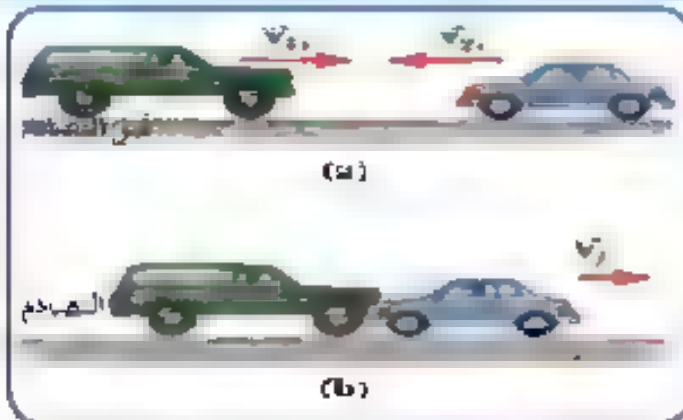
هناك ثلاثة أنواع من التصادمات هي :-

وهو التصادم الذي يتميز بأن طاقته الحركية قبل التصادم تساوي الطاقة الحركية له بعد التصادم أي أن

$$\text{الطاقة الحركية قبل التصادم} = \text{الطاقة الحركية بعد التصادم}$$

هذا النوع من التصادمات لا يصلح فيه أن في الطاقة الحركية للنظام

b



وسم هذا النوع من التصادمات يكون الطاقة الحركية لنظام غير محفوظة ان يصاحبه نقص كبير في طاقة الحركة ، بفعل من التصادمات المتعددة . لاحظ الشكل (29) ،

شكل (29) ،

Inelastic Collision

c



الشكل (30) ،

وفيه لا تتغير الأجسام معاً بل تبقى منفصلة ويكون مصحوباً بنقص في الطاقة الحركية مثل تصادم كرات البولينج لاحظ شكل (30) .



الرحم نحظى تصادم محفوظ مهم كل نوع التصادم تصنف التصادمات تبعاً لسعر الحادث في الطاقة الحركية لنظام

راكب ساكنة قطار كتلتها $2.5 \times 10^4 \text{ kg}$ يتحرك بسرعة 8 m/s كما في الشكل (31) اصطدمت بعربة ساكنة كتلتها $1.5 \times 10^4 \text{ kg}$ ، وسرحتا معا بالاتجاه نفسه بسرعة 5 m/s ، احسب التغير في الطاقة الحركية للنظام



الحل /

الطاقة الحركية بعد الاصدام KE_f

مجموعه انحر كيه قبل الاصدام KE_i

نوع و شدة التصادم = مجموع الطاقة الحركية بعد الاصدام - مجموع الطاقة الحركية قبل الاصدام

(KE_i)

(KE_f)

(ΔKE)

$$KE_i = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$KE_i = \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^4 \times 8^2 + 0$$

$$KE_i = 80 \times 10^4 \text{ J} \quad \text{الطاقة الحركية قبل الاصدام}$$

$$KE_f = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{\text{total}}^2 \quad \text{نحسب سرعة التماسكة المشتركة}$$

$$KE_f = \frac{1}{2} (2.5 \times 10^4 + 1.5 \times 10^4) \times 5^2 \quad \text{الكتلتان}$$

$$KE_f = \frac{1}{2} (4 \times 10^4) \times 5^2$$

$$KE_f = 50 \times 10^4 \text{ J} \quad \text{الطاقة الحركية بعد الاصدام}$$

$$\Delta KE = KE_f - KE_i \quad \text{التغير في الطاقة الحركية للنظام}$$

$$= 50 \times 10^4 - 80 \times 10^4$$

$$\Delta KE = -30 \times 10^4 \text{ J} \quad \text{من ذلك نستنتج ان التصادم هنا غير مرئي}$$

دراسة الفصل الخامس

س1، اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية

$$g = 10 \text{ m s}^{-2}$$

ا، صبي كتلته (40kg) يصعد سلماً ارتفاعه متساوياً 5m في زمن 10s في حركته

200 W ، b

20 W ، a

$2 \times 10^4 \text{ W}$ ، d

0.8 W ، c

س2، تطبيع لقانون حفظ الطاقة من الطاقة:

h، تبقى ولا تتبدل

a، تزداد ولا تبقى

d، لا تبقى ولا تتبدل

c، تبقى وتتبدل

س3، محرك جسم قدره 1hp، عند الانطلاق اعمى 3m/s في مقدار أقصى قوة هي

2238 N ، b

2487 N ، a

3600 N ، d

2613 N ، c

س4، ردي الوحد انه الدالية بسف وحدة للقدرة

Watt ، b

Joule second ، a

hp ، d

N m/s ، c

س5، لحفظ مركبة محركه بمتلاو $\frac{1}{2}$ بطلب قوة F ص الاحتكاك فالقدرة التي يحدها

$\frac{1}{2} F v$ ، a

F ، c

F ، d

F ، c

س6، جسم كتلته 1kg، يملك صلته كمنه شقلية (1) بسنه ابي الارض عندما يكون الارتفاعه شاقووي

0.1m ، b

0.012m ، a

32m ، d

98m ، c

7 جسم وزنه (10N) يسقط من السكون من موضع ارتفاعه السهلوي (2m) فوق سطح

الأرض من مصدر مر عنه لحظة سقوطه يسطح الأرض تكون .

a 20 m s

b 400 m s

c $\sqrt{40}\text{ m s}$

d 10 m s

8 الذي لا يتغير عندما يصطدم جسم أو أكثر هو

a الزخم الخطي لكل منهم

b الطاقة الحركية لكل منهم

c الزخم الخطي الكلي للجسم

d الطاقة الحركية الكلية للجسم

9 عنما يصطدم جسمان متساويان بالكتلة والتغير بالزخم الكلي

a يعتمد على عمر علي الجسمين المتصادمين

b يعتمد على الزاوية التي يصطدم بها الجسمان

c يساوي صفر

d يعتمد على الدفع المعطى لكل جسم متصادم

مختبر التحريك المتناسق

س 1

سقط جسم كتلته 2kg من ارتفاع قدره 10m عن أرض رمليّة ، استقر فيه بعد أن قطع

3cm شاقوب داحل الأرض ، ما متوسط القوة التي يؤثر بها الرمل على الجسم " على فرض أنهما

تأثير الهواء .

س 2

انزلت سيارة كتلتها 1250kg فوصلت إلى حالة السكون بعد أن قطعت مسافة 36m ف

مدار قوة الاحتكاك بين إطاراتها للأرصفة سطح الصخر إذا كان معامل الاحتكاك الأرضي

0.7 ؟ مقدار الشغل الذي سلكته قوة الاحتكاك على السيارة ؟

س3

دفع صندوق سحر كتله 80kg مسافه 5m الى اعلى سطح مائل ، يفترض انه مهملاً الاحتكاك ، بمعدل برأويه قدرها $3/7$ بالنسبه للأفق ، ما مقدار الشغل المبذول في رفع صندوق السحر ؟
افترض ان صندوق الشحن يدفع بسرعة ثابتة المخدر .

س4

ما مقدار القدره بالواط اللازمه سدح عربه سكون محمله بقوة دفعه قدرها 50N مسافه دفعه مسافه 20m خلال 5s ؟

س5

قوة احتكاك مقدارها 20N تؤثر في صندوق كتله 6kg يترك على رصبة انجيه ما مقدار القدره اللازمه لسحب الصندوق على الارضيه بسرعه ثابته قدرها 0.6m/s ؟

س6

يستطيع جرافر شد مقصوريه بقوة دفعه 12000N عندما تكون سرعته 2.5m/s ما قيمة قدره الجرافر بالواط والسرعه الحصصه تحت هذه الشروط؟

س7

يبدأ كير احد لاعبي كرة القدم كتله 90kg بحري بسرعه قدرها 6m/s قام لاعب من الفريق الآخر سده من تحت قدمه بعد ان قطع مسافه قدرها 1.8m
(a) ما مقدار متوسط القوة التي سبب ايقاف اللاعب ؟
(b) ما الزمن الذي استغرقه اللاعب لتوقف تماماً ؟

لقد درست سابقاً أن الحرارة صورة من صور الطاقة وأن هذه الطاقة تنتقل من جسم لآخر عندما يكون هناك اختلاف في درجات حرارة الجسمين. كما علمت أيضاً أن هناك طاقة أخرى يمكن أن تنتقل من جسم لآخر عندما يكون الجسمان في درجة حرارته واحدة، وهذه الطاقة هي الشغل. وبتصادف في حياتك كثيراً من التحولات التي توجد فيها طاقة متبادلة على صورة حرارة مسببة أو شغل متبول. وقد نوجد الطاقة المتبادلة على صورتين معاً

فمثلاً عند تشغيلك جهاز تكيف السيارة أو البيت أو عند طهو وجبات الطعام، أو الحرارة المتولدة في محرك السيارة نتيجة تفاعل بين الأوكسجين وحرارة البنزين في اسطوانات المحرك والعارات السحبة الناتجة من الاحتراق التي تدفع المكبس مولدة بذلك شعلاً ميكانيكياً يستفاد منه في تحريك السيارة

وتراسة مثل هذه التحولات التي تشمل على حرارة وشغل هي موضوع هام من فروع الفيزياء يسمى الديناميك الحرارية (التحرك الحراري) **Thermodynamic**

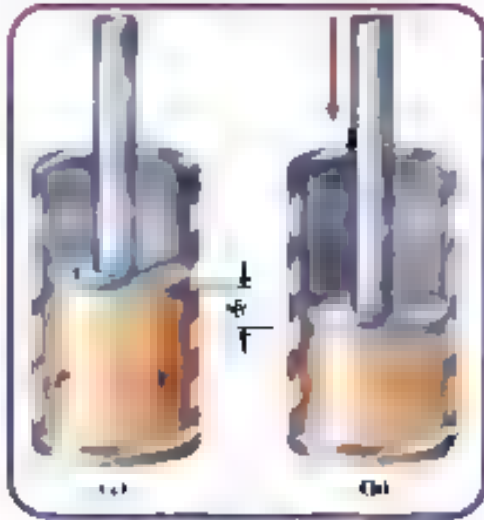
إن دراسة أي ظاهرة في فرع من فروع الفيزياء تبدأ بعزل منطقة محددة أو جزء من تلك المجموعة المادية عن الأوساط المحيطة بها، والجزء الذي يعزل هو ما يسمى بالنظام **system**، أما الوسط المحيط به فإنه يشمل كل الأجسام والعناصر التي لا تكون جزءاً من النظام ففي المثال السابق يعتبر حليط بحار البنزين والهواء الموجود في محرك السيارة قبل حدوث الاحتراق نظاماً أما الوسط المحيط به فيشمل الاسطوانة ويمكن للوسط المحيط أن يؤثر على النظام بطرق عدة مثل



الشكل (1)

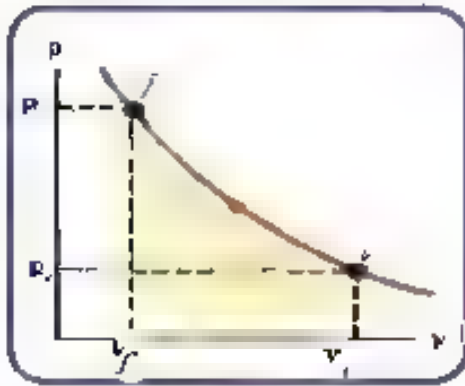
القوى الميكانيكية والمصادر الحرارية والمجالات الكهربائية

الح والشكل (1) يوضح حبات الدرة في قدر موصولة على مصدر حراري، وهذا يمثل نظام ديناميكي حراري **Thermodynamic System**، والعملية الديناميكية الحرارية الموصحة هنا تبين أن الحرارة قد صيغت إلى النظام، وأن النظام بدوره قد انجز شغلاً على محيطه الخارجي من خلال رفع غطاء الوعاء.



شكل (2)

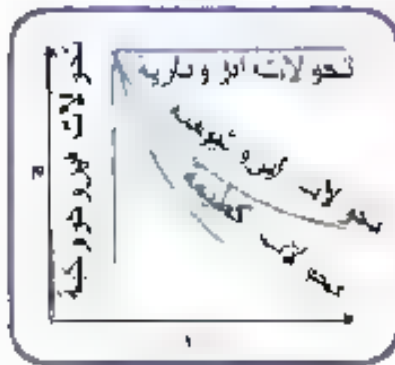
لتعريف ان كمية من الغاز المحصور في نظام
ديناميكي حراري، وان هذا النظام يتجه لعمليات
حرارية مختلفة ينتقل من حالة لأخرى. لاحظ الشكل
2،



شكل (3)

فإن ومنه العلاقة للنسبة بين الضغط والحجم لهذا
النظام لاحظ الشكل (3)، فإن المساحة المحصورة بين
المحور السيني ومحور الحجم V_1 تساوي الشغل
المسؤول لإحراق هذا الغاز.

ومن الجدير بالذكر ان عملية انتقال نظام معين من حالة
إلى أخرى قد تتم وفق عمليات (إجراءات) **Processes**
عده منها : لاحظ الشكل (4)



شكل (4)

1 عملية ثبوت الضغط وتسمى **تحولات إيزوبارية**
Isobaric، وهي العملية التي ينتقل بها النظام من
حالة لأخرى مع الاحتفاظ على ضغطه ثابتاً

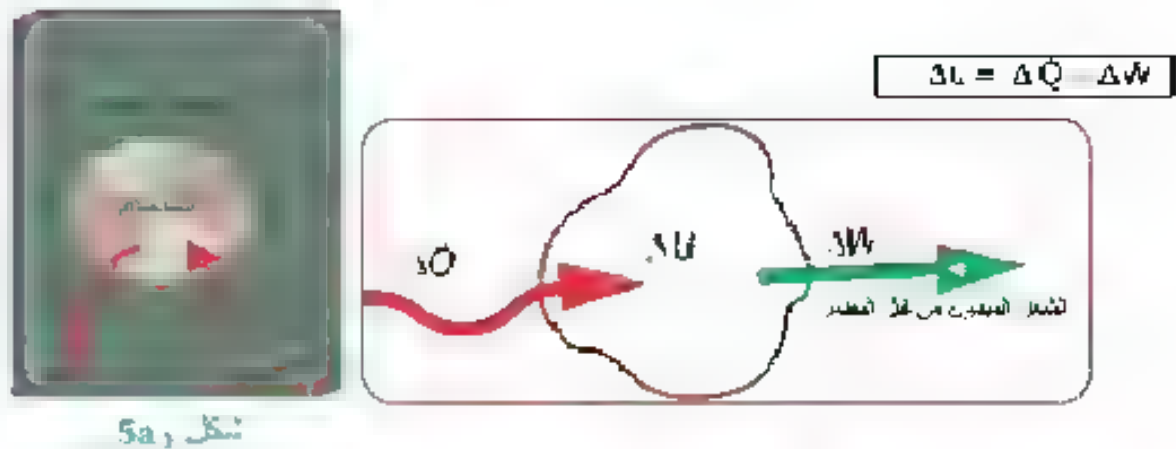
2 عملية ثبوت الحجم وتسمى **تحولات إيزوكرية**
Isochoric، وهي العملية التي ينتقل بها النظام
من حالة لأخرى مع بقاء الحجم ثابتاً

3 عملية ثبوت درجة الحرارة وتسمى **تحولات إيزوثيرمية** **Isothermal**، وهي العملية التي
يقتضي بها النظام من حالة لأخرى مع إبقاء على درجة حرارته ثابتة

4 عملية عدم انتقال صافي حراري من وإلى النظام وتسمى **تحولات أديباتية** **Adiabatic**،
وهي العملية التي لا يصاحبها انتقال حراري من أو إلى النظام (ي من غير تبادل حراري).

يُعتبر هذا القانون من العلاقات بين الشغل والحرارة ، و قد كان معلوم تجريبياً أنه كلما تحول الشغل الى حرارة ، او تحولت الحرارة الى شغل ، فإن هناك تناسب بسيط بين الشغل والحرارة ، ويسمى ثابت التناسب بالميكانيكي الحراري ومعناه يساوي **4.2 Joule** . وقد كان العالم جول هو اول من وحد هذا الثابت . وعند قانون حفظ الطاقة فإن مجموع الطاقة في نظام مغزول يبقى ثابتاً مهما كانت التحولات في اشكال الطاقة . وفي عملية تحول الشغل الى حرارة فإن قانون حفظ الطاقة هو ما يعرف **بالتقانون الاول للديناميكا الحرارية**

فإذا أخذنا نظام ما كميته من الحرارة ΔQ لاحظ الشكل 5a ، وكان الشغل المبذول بواسطة هذا النظام هو ΔW أثناء ذلك فإن قانون حفظ الطاقة ينص على ان الفرق بين كمية الحرارة الممنوعة بواسطة النظام و الشغل المبذول بواسطة يساوي معدداً ثباتاً ، في الطاقة فلا احليه بالنظام ،



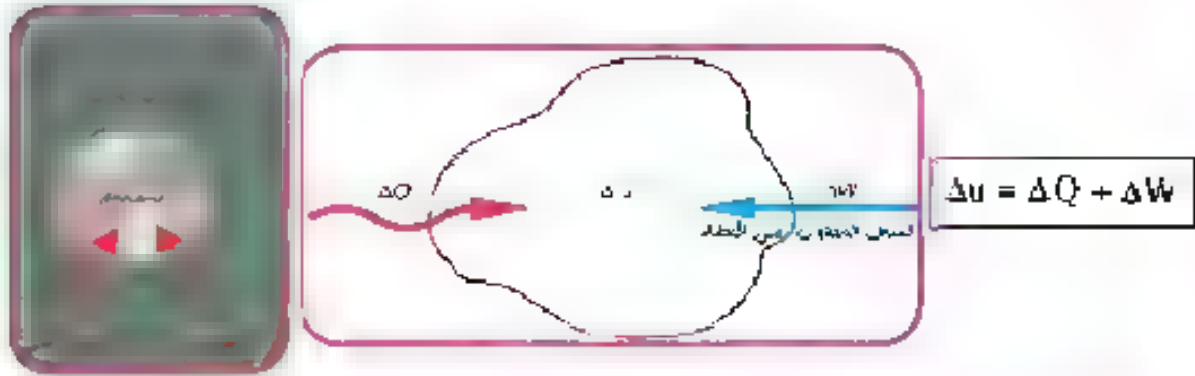
ويمكن كتابته في القانون بالصيغة التالية :

حيث ΔU هو التغير في الطاقة الداخلية للنظام ، ΔQ هو التغير في الحرارة الممنوعة للنظام ، و ΔW هو التغير في الشغل المبذول من قبل النظام .
 بالتعريف ΔQ ،
 لذلك يكون :

القانون الاول للديناميكا الحرارية $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$ حيث ΔU يمثل الزيادة في الطاقة الكلية للنظام (الطاقة له حبة للنظام) والتي تساوي مجموع كل من الطاقة الحركية والكامنة للنظام . عند استخدام هذا القانون يجب ان نتذكر ان

1- ΔQ تعتبر موجبة اذا ما اصبحت حرارته الى النظام لاحظ الشكل 5b ، ونعتبر ΔQ سالبة عند انتقال حرارته الى خارج النظام

ΔW - ΔW يعتبر موجب عندما يتم إنجاز شغل بواسطة النظام على الوسط المحيط به (مثل الشغل المنجز عند تمدد الغاز و للمعمل بالضغط التي تترك النظام)، ويعتبر ΔW سالباً عندما يسحب شغل على النظام من قبل محيطه ممثلاً بالضغط الداخلي للنظام (لاحظ الشكل، 5b).



شكل 5b

لفرض نظام حراري عازل عن عار موصو بفصله عن محيطه الخارجي اسطوانة مملوءة بمكبس قابل للحركة (لاحظ الشكل، 6) وبحساب شغل هذا النظام جزئي الأتي.

القوة المسلطة على المكبس يعطى $F = P \times A$ ،
 أن الشغل المعجز يساوي .

$$W = (\text{force}) \times (\text{displacement})$$

$$W = F \Delta x = PA \Delta x$$

Δx تمثل الزيادة في حجم الغاز وتساوي ΔV أي أن

الشغل المبذول من قبل الغاز

$$\Delta W = P \Delta V$$

الشغل المبذول على الغاز

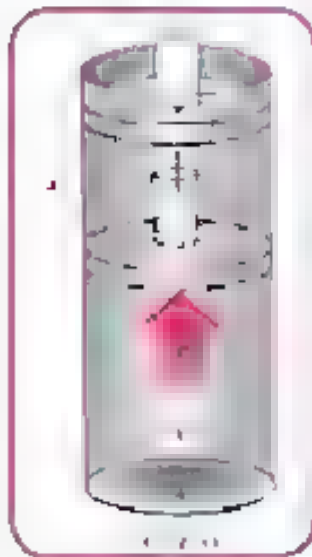
$$\Delta W = - P \Delta V$$

ولحساب شغل النظام في العمليات الأتية

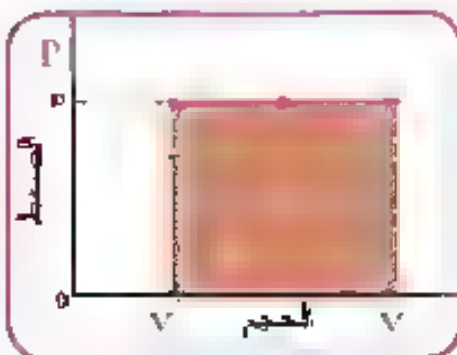
1 الشغل المبذول عند ضغط ثابت، العملية

الايروبرية، لاحظ الشكل و 7 في هذه الحالة فإن

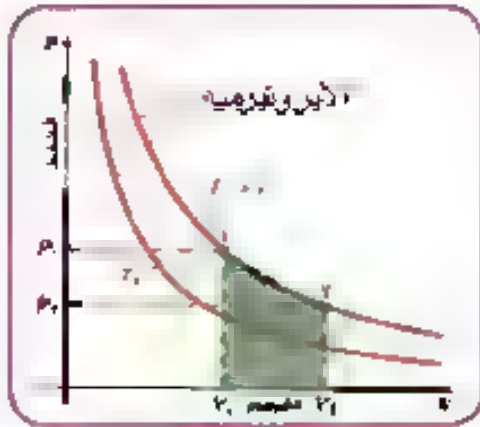
$$\Delta W = P \Delta V$$



شكل 6



شكل 7



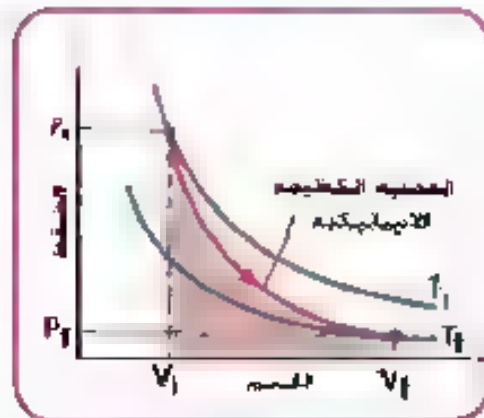
شكل (7b)

2 الشغل المبذول عند درجة حرارة ثابتة في العملية الايزوثيرمية ، بشكل (7b) في هذه الحالة فإن

$$W = P_1 V_1 \ln (V_2 / V_1)$$

ومن قانون بويل $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$W = P_1 V_1 \ln (P_1 / P_2)$$



شكل (7c)

3 الشغل المبذول في العملية الكظيمة الايثيرمية (لا يوجد تبادل حراري بين الغاز و الوسط المحيط به) حيث انه العملية يسرعه كبيرة مسند وفي هذه

$$\Delta W = - \Delta U$$

الحالة تكون

لاحظ الشكل (7c)

مثال: افترض ان حجم ريش التماسين يزداد بمقدار 500 cm^3 عند عملية التمدد الى احدى. احسب الشغل المبذول على الريش خلال تلك العملية معتمد الضغط داخل الريش يبقى ثابت ويساوي الضغط الجوي 10^5 N/m^2

الحل /

$$\Delta W = P \Delta V$$

بما ان الشغل المبذول

$$\Delta W = P (V_2 - V_1)$$

عند ضغط ثابت (عملية ايزوباريه) فإن

$$= 10^5 \times 500 \times 10^{-6}$$

$$\Delta W = 50 \text{ J}$$

الشغل المبذول

تتمدد هواء محصور في اسطوانة ذات مكبس حجمه 0.2 m^3 وضغطه 10^6 N m^{-2} بحيث أصبح حجمه (0.6 m^3) ، أثناء درجة حرارته خلال هذه العملية عند

$$T = 300 \text{ K} , \quad \text{وحسب الشغل المبذول مع العلم أن} \quad \ln x = 2.303 \log x$$

الحل:

العملية تمت عند درجة حرارة ثابتة وهذا يعني أنها عملية ايزوثيرمية

وبذلك مطبق الحفظ الأول:

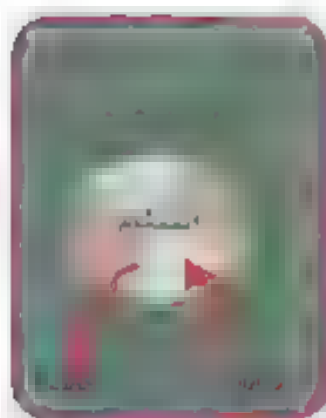
$$\Delta W = P_1 V_1 \ln (V_2 / V_1)$$

$$= 10^6 \times 0.2 \times \ln (0.6 / 0.2)$$

$$= 0.2 \times 10^6 \times 2.303 \log \left(\frac{0.6}{0.2} \right)$$

$$\Delta W = 0.4606 \times 10^6 \log 3 = W = 0.4606 \times 10^6 \times 0.477 = 0.219722 \times 10^6$$

$$\Delta W = 2.19722 \times 10^5 \text{ J}$$



شكل 8أ

شكل (8) يوضح نظام مع الوسط المحيط

به في الشكل (8) ، وهو زوج النظام معزول 1500 J من الحرارة من الوسط المحيط به وكان شغل المبذول بواسطة النظام يساوي 2200 J . وفي الشكل (8b) فإن للنظام قد حصل على 1500 J وكان الشغل المبذول على النظام بواسطة محطته يساوي 2200 J . احسب التغير في الطاقة الداخلية للنظام ΔU في كل حالة .

الحل:

في حالة الشكل (8) فإن الطاقة الداخلية

للنظام ΔU ، تعطى بالعلاقة الآتية :



شكل 8ب

$$\Delta u = \Delta Q - \Delta W$$

الشغل المنجز ΔW موجب لأنه تم إنجاز الشغل بواسطة النظام على الوسط المحيط به

$$\Delta u = 1500J - (2200J)$$

$$\Delta u = -700J$$

في حالة الشكل b، فإن الطاقة الداخلية للنظام ΔU ، تعطى بالعلاقة الآتية

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

الشغل المنجز ΔW يعتبر سالباً لأنه تم إنجاز شغل على النظام

$$\therefore \Delta U = (1500J) - (-2200J)$$

$$\Delta U = +3700J$$

سؤال

أملأ الفراغات الموضوعة في الجدول أدناه بإشارة + - أو 0، لكل حالة مثبتة

وأيضاً لكل نظام مؤثر

| الحالة (Situation) | النظام (System) | الطاقة الحرارية ΔQ | الشغل المدول ΔW | الطاقة الداخلية ΔU |
|---|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| a فتح سريع لأبواب دراجة هوائية | هواء موجود في أنبضه | | | |
| b ماء بدرجة حرارة العرفة موضوع على موضع سخان | ماء موضوع في إبر | | | |
| c هواء يفسر ب يسرعه حرار بالونه | هواء موجود داخل بالونه | | | |

هل تعلم ؟

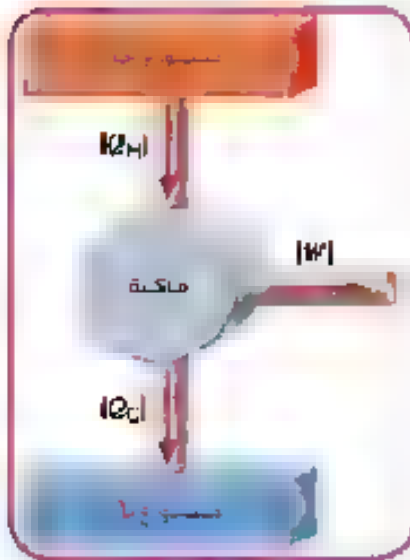
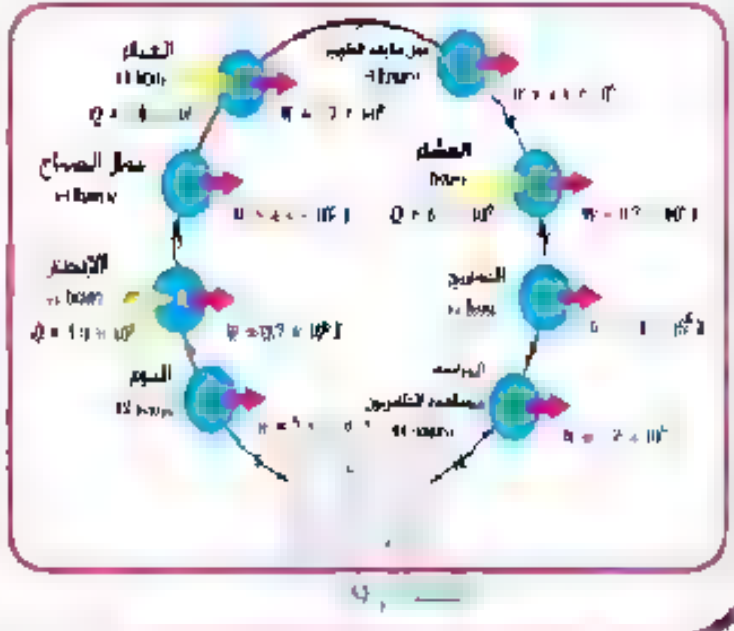
في كل يوم ، فإن جسمك عبارة عن
نظام ديناميكي حراري حيث تصاب
بكمية ΔQ من خلال حد الصعد
وجسمك يبدأ بالعمل من خلال
العضلات والمشي وكذا الفعاليات
الأخرى .

لاحظ الشكل (9) ، وعند نهاية اليوم

$$\Delta Q = \Delta W$$

وبهذا يكون مجموع الطاقة الداخلية

$$\Delta U = 0$$



الشكل (10)

جهاز يقوم بتحويل جزء من الطاقة الحرارية التي تسجل
ميكانيكي وبذلك نتيجة انتقال الحرارة إلى هذا الجهاز من
مصدر حراري (مسودع حراري) ذي درجة حرارة عالية (T_H)
وعنه الحرارة المتبقية إلى مسودع حراري ذي درجة حرارة
منخفضة (T_C) ، لاحظ الشكل (10) ،
ومن كموم لمائة الحرارة به تعطى كسسه مونة
بالعلاقة الآتية

$$\text{Efficiency } (\eta) = \frac{\text{The work done by the engine}}{\text{The Energy supplied to the engine}} \times 100\%$$

$$\eta = (W - Q_C) \times 100\%$$

وبما أن ..

$$W = Q_H - Q_C$$

$$\therefore \eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} \times 100\%$$



- ماكينة حرارية تستعمل 1200 J من الحرارة من مصدر حراري درجة حرارته اعلى (Q_H) في كل دورة وتتجر شحلاً مقدار 400 J في كل دورة
- a / احسب كفاءة الماكينة .
- b احسب كمية الحرارة التي تفلط الى الخارج (Q_C) في كل دورة

الحل/

(a)

$$Q_H = 1200 \text{ J}$$

$$W = 400 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{400 \text{ J}}{1200 \text{ J}} \times 100\% = 33\%$$

(b)

$$W = Q_H - Q_C$$

$$Q_C = Q_H - W$$

$$= 1200 \text{ J} - 400 \text{ J}$$

$$Q_C = 800 \text{ J}$$

لذلك لاحظ عزيزي الطالب ان القانون الأول في الديناميكا الحرارية يعتبر احد أشكال قانون حفظ الطاقة ولكنه لا يحدد اتجاه انتقال الطاقة، مثلاً لو تركب كوكب من الايس كريم أو قبعته برفده من الحصى لفترة زمنية في حيز الحار فانهما لا يصحاح أكثر برفده. وهذا أمر طبيعي وتحتك تسأل نفسك ماذا يحدث إذا جزء المعاكس وهو انهم يصحاح أكثر برفده ولا يتعارض هذا الإجراء، المعاكس مع قانون حفظ الطاقة ونوضح ما جاء أعلاه فان القانون الثاني للديناميكا الحرارية يحدد اتجاه عمليات انتقال الطاقة (الحرارة) وهناك صيغتان لهذا القانون وجميعها متكافئة



الشكل (11)

1- صيغة كلين - بلاك :-

من المستحيل بناء ماكينة حرارية تعمل بحيث تستمر طاقة حرارية من مستودع حراري واحد وتحوّلها كلاً إلى شغل ميكانيكي

لاحظ الشكل (11)، أي أنه لكي نشبع للماكينة الحرارية شغلاً يجب ان تكون مستودع حراري من مختلف في درجة الحرارة



شكل 12

2- صيغة كارنو :-

من المستحيل بناء ماكينة حرارية تعمل بحيث تمشي الحزقة من مستودع حراري إلى درجة حرارة منخفضة، وتنفجها إلى مستودع حراري أعلى درجة حرارة أعلى دور الحزقة إلى نفس شغلاً ميكانيكياً. لاحظ الشكل (12).

من 1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية

1/ يمكنه حراريه تعمل بواسطة كمية من الحرارة داخله اليه عند درجة حراريه

معيمة وتعمل على

a/ تحويلها جميعا الى شغل

b/ تحول قسم منها الى شغل وبطرح المتبقي عند درجة حرارة اوط

c/ تحول قسم منها الى شغل وبطرح المتبقي عند درجة الحرارة نفسها

d/ تحول جزء منها الى شغل وتطرح المتبقي عند درجة حراره اعلى

2/ الاتجاه الطبيعي لتسريان الحرارة في المفاعل من وهي النظام يكون من الحرفن الحراري هو

درجة الحرارة T_1 الى الحرفن الحراري ذو درجة الحرارة T_2 من الاحد

سطر الاعتبار كمية الحرارة التي يحتويها كل حرفن هذه للتحقيق تعمل .

a/ القانون الاول لا ينطبق الحرارة b/ القانون الثاني لا ينطبق الحرارة

c/ قانون حفظ الطاقة d/ قانون حفظ الزخم الخطي

3/ العملية الاحتمالية , القطعية , في النظام هي واحدة من العمليات التي تكون فيها

a/ الحرارة لا تدخل ولا تخرج من النظام.

b/ النظام لا يجر شغلأ على الوسط ولا شغل بجزءه .

c/ درجة حراره النظام تبقى فيه .

d/ ضغط النظام يبقى ثابتا

4. ماكينة حرارية عديمة الاحتكاك يمكن ان تكون كفاءتها 100% فقط عندما تكون درجة

حرارة الخروج (T_C) .

a) مساوية الى درجة حرارته الدخول (T_H) .

b) اقل من درجة حرارة الدخول (T_H) .

c) تسوي 0°C .

d) تساوي 0 K .

سؤال 1

س1. تمتد نظام مكون من غاز محصور في سطوانة مكبس من حجم قدره 0.02m^3

وصغطه $5 \times 10^5\text{Pa}$ الى حجم قدره 0.022m^3 عند الضغط نفسه ، جد الشغل الذي

يبذله النظام ؟

س2. أثناء معرول به غاز محصور فاداً كان الشغل الخارجى المنسوب على الغاز يساوي

135 J جد مقدار التغير الحاصل في الطاقة الداخلية للنظام

س3. ماكينة حرارية تلفظ $2 \times 10^3\text{ J}$ من الحرارة من المستوى اعلى درجة حرارة وتقبل

$5 \times 10^3\text{ J}$ من الحرارة الى المستوى اعلى درجة حرارة ، اوجد كفاءة الماكينة

س4. ماكينة حرارية تستقبل كمية من الحرارة يسوي 3000KJ من مصدر حراري درجة

حرارته عالية وتطرد (تلفظ) كمية من الحرارة تبلغ 900KJ الى مستوى اعلى حراري درجة

حرارته واطنة.

a) ما مقدار الشغل الناتج عن الماكينة ؟

b) ما كفاءة الماكينة الحرارية ؟

س5. أثناء اشتعال ماكينة حرارية معينة كانت الطاقة الداخلية تنقص بمقدار 400 J

في حين تنجز شغلاً مقداره 250 J . احسب صافي الحرارة ΔQ .



الشكل (1)

عند دوران جسم جاسيء
(وهو جسم غير قابل للتشويه
والتشكيل بتأثير القوى و العزوم
الحرجية) حول محور ثابت فإن
أي جسم فيه يبعد ببعيد معين
عن محور الدوران يغال عن حركة
هذا الجسم انها حركة دائرية
مثل حركة فوهه اطر الهواء في
عجلة الدراجة لاحظ الشكل

(1)

وحركة الشخص الجالس في
دولاب الهواء الذي يسور بمستوى
شاقولي الشكل (2)



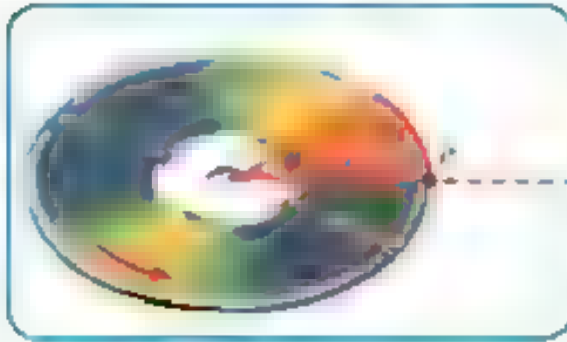
الشكل (2)



الشكل (3)

في حين الشكل (3) يوضح
حركة الطائرة على مسار دائري
بمستوي أفقي .

نجد صعوبة في وصف الحركة الدائرية بالاعتماد فقط على الكميات الخطية التي درست في الفصل الثاني من هذا الكتاب. لأن اتجاه حركة الجسم في الحركة الدائرية يتغير باستمرار لذلك نعد وصف الحركة الدائرية بدلالة زاوية دوران الجسم، الزاوية الزاوية، وهذا يعني أن كل نقطة من نقاط الجسم الجسدي الذي يدور حول محور ثابت يستتد القاطع الزاوية على محور الدوران. تدور بالزوايا نفسها في الزمان الزمنية نفسها فالكميات الثلاث المهمة التي تربط بين الحركة الخطية، الزاوية الخطية $\Delta \vec{x}$ السرعة الخطية (\vec{v}) والتسارع الخطي (\vec{a}) تتناظر مع الحركة الزاوية كميات ثلاث، الزاوية الزاوية (θ) السرعة الزاوية $(\vec{\omega})$ والتسارع الزاوي $(\vec{\alpha})$.



الشكل (4)

ولتحليل هذه الحركة بخطط خبير خط أساس ثابت reference line لاحظ الشكل 4، فإذا فرضت أن موقع الجسم هو النقطة التي يمثلها الخط الأحمر عند اللحظة $(t = 0)$ وبعد منه زمينه Δt يصل الخط الأحمر إلى موقع آخر وفي هذه المرة يدور الخط الأحمر بزاوية زاوية θ بالنسبة إلى خط الأساس يبين يقطع الجسم مسحة

محددة s ، على قوس الدائرة التي تمثل طول القوس المقطوع هذا الشكل أن الزاوية θ هي زاوية زاوية s ، تمثل طول قوس الدائرة التي نصف قطرها r ، فيكون

الزاوية الزاوية - طول القوس / نصف القطر

فيكون

$$\theta = \frac{s}{r}$$

عندما يدور الجسم دورة كاملة فإن طول المسار s ، يساوي محيط الدائرة $(2\pi r)$ ، والزاوية الزاوية

$$\theta = \frac{s}{r} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ (rad)}$$

أي أن 2π (radian) حلال دورة كاملة يساوي

مما نلاحظ، الانزياح الخطي المتوسط هو المعدل الزمني لتغير في المسافة الخطية، و

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

بما أن $\Delta s = r \Delta \theta$

$$v = r \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

بما أن الانزياح الزاوي المتوسط هو المعدل الزمني لتغير في مقدار الزاوية

أي أن

$$\omega_{avg} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

فحصل على

$$v_{avg} = r \times \omega_{avg}$$

$$\boxed{v = r \times \omega}$$

أو

أي أن

الانزياح الخطي لجسيم بعد التحسين عن مركز الدوران، الانزياح الزاوي لجسيم
و عند تدوير الجسم بزاوية كاملة فإن الانزياح الخطي يساوي محيط الدائرة مقسوماً على زمن الدورة
الواحدة، T أي أن

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

فيكون

$$r \times \omega = \frac{2\pi r}{T}$$

وعند حصل على

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

وهذا التردد يساوي f الزمن الدوري T أي أن

$$\omega = 2\pi f$$



1 - إذا كانت السرعة الزاوية ω مقبولة بـ rev/s فتسمى بتعدد الدوران (f)

2 - إذا كانت السرعة الزاوية ω مقبولة بـ rad/s فتسمى بالتردد الزاوي (ω)

أ. قرص يدور بسرعة زاوية 5400 rpm ، حسب:

a. التردد الزاوي ورمز الصورة الواحدة للقرص

b. إذا كان نصف قطر القرص 28 cm ، فما هو الانزياح الخطي للجسيم يقع على محيط القرص

الحل /

عبارة (rpm) هي مختصر $\text{revolution per minute}$ تعني (دورة بالقيقة).

أ. حول السرعة الزاوية من (rpm) إلى (rev/s)

$$\omega = \frac{5400 \text{ revolution}}{\text{minute}} \times \frac{1 \text{ minute}}{60 \text{ second}}$$

$$\omega = \frac{5400 \text{ revolution}}{60 \text{ second}} = 90 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

(تردد الدوران f) يقاس بوحدة Hz أي $(\frac{\text{rev}}{\text{s}})$

وبن رمز الدورة الواحدة T يعطى:

$$f = \frac{1}{T}$$

$$90 = \frac{1}{T}$$

$$\therefore T = \frac{1}{90} \text{ s}$$

b. لحساب الانزياح الخطي للجسيم عند محيطه نكتب أولاً الانزياح الزاوي (ω)

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 2\pi \times 90$$

$$\omega = 180\pi \text{ rad/s}$$

$$v = \omega r \quad \text{وإذا كان}$$

$$v = 180\pi \times 0.28$$

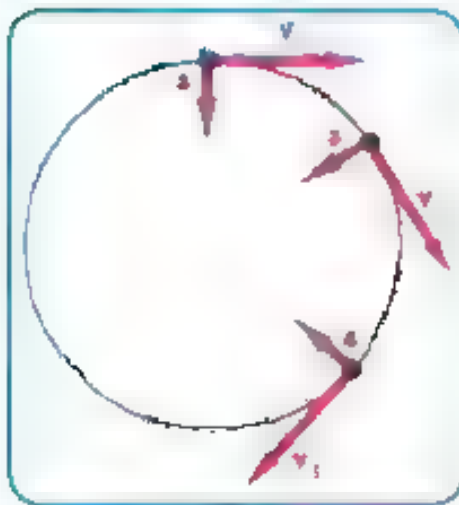
$$v = 180 \times \frac{22}{7} \times 0.28$$

$$v = 180 \times 0.88$$

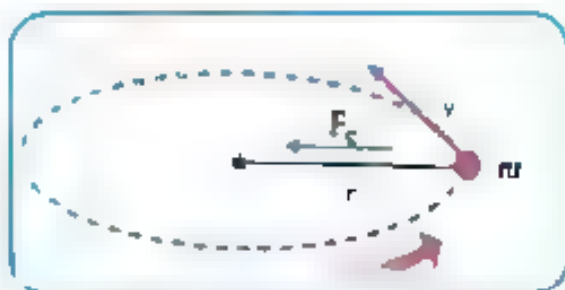
$$v = 158.4 \text{ m/s} \quad \text{مدار الانزياح}$$



الشكل 6a



الشكل 6a



الشكل 6b

لو صورت كرة صغيرة مربوطة بحبل طوي في حيط غير قابل للانسيطالة بمسار دائري، بانطلاق ثابت وبمستوى أفقي، يهيم تأثير الجاذبية الأرضية في الكرة لكي يقع الحبل في مستوى الدائرة، لاحظ الشكل (6).

بالحط في اتجاه السرعة المماسية الأنسية للكرة يغير باستمرار في أثناء حركته، ويتجه لهذا التغير في اتجاه السرعة المماسية بمعدل يسمى a_c وهو يتحرك بتعجيل يسمى بالتعجيل المركزي ويرمز له بـ (a_c) وعليه فإن التعجيل المركزي هو المعدل الزمني لتغير السرعة المماسية يكون مقداره ثابتاً ويتجه نحو مركز الدائرة وعمودياً على اتجاه السرعة المماسية الأنسية، لاحظ الشكل (6a)، فيكون

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

وبما أن كل جسم متحرك يمتلك قصوراً ذاتياً يحاول أن يحافظ على حركته بحفظ مستقيم، ولكن يتحرك الجسم على مسار دائري معطمو ثابت لأداء من تأثير محصلة قوى خارجية عمودية على اتجاه سرعته الأنسية لكي تغير اتجاه سرعته المماسية، ففي هذه الحالة يكون قوة الشد في الحبل (T) هي القوة التي تعمل على تغيير اتجاه السرعة المماسية للكرة فتعطيها في مسارها الدائري، وتطيق للتأثير الثاني

ينبثق من القوة المركزية F_c تعطى

$$F_c = ma_c$$

العلاقة

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

$$F_c = T \cos(\theta)$$

ومن الجدير بالذكر ان لقوة المركزية (F_c) يختلف عن قوة قوة نمب دراسها من قبل ، فمثلاً تكون قوة الاحتكاك السروي عي بين اطار اب للسيار و ارضيه للمعطف هي القوة المركزية اللازمه لبقاء السيار في مسار دائري ، وقوة الجذب بين الارض والقمر هي القوة المركزية اللازمه لبقاء القمر في مساره الدائري ، وقوة التجاذب الكهربائي بين الذرات والالكترونات هي القوة لمركزية الذرات لبقاء الالكترون في مساره الدائري وغير ها

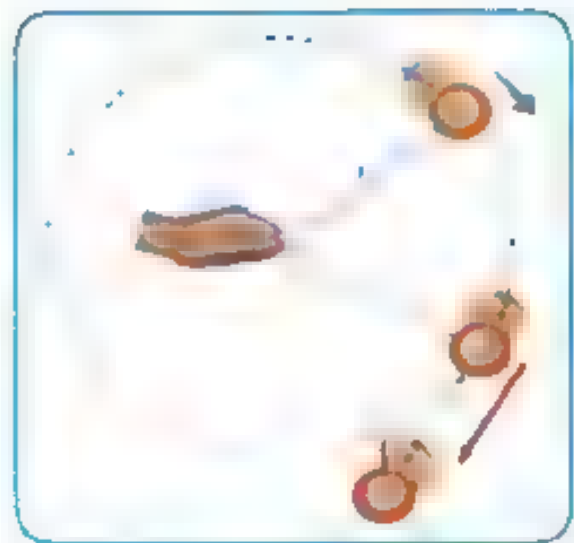
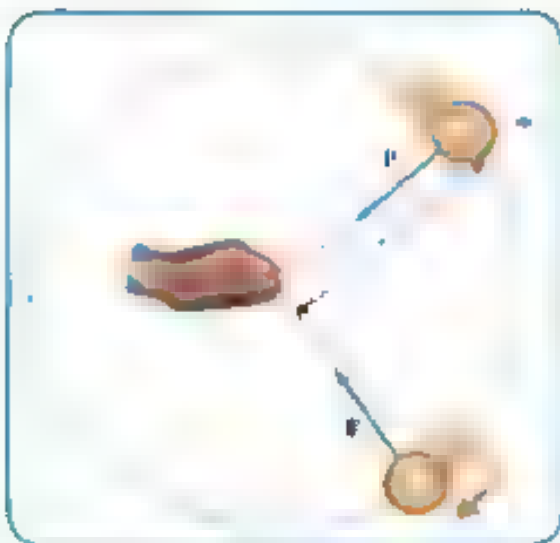


لو سال سائل ماد يعني روال القوة المركزية المؤثرة في جسم بحركه على مسار دائري بنضائ

ثابت ؟

باجابة عن هذا السؤال ، نامل الاتي

يكون ان القوة المركزية (F_c) المؤثرة عمودياً على متجه السرعة المماسية للاتية للجسم هي التي تولد الحركة الدائرية المنتظمة فهي تعمل على تغيير اتجاه سرعه المماسية الاتية ، وروال القوة المركزية يعني توقفها عن التأثير ، لذا سيطبق الجسم مسطحي متجه اتجاه المماس لمساره الدائري من تلك النقطة بالاتفاق الذي يمتلكه الجسم في تلك اللحظة ، وعند يحصع الجسم للتعديل الاول ليسر لاحظ الشكل 7

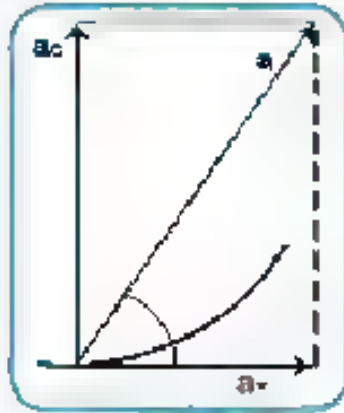


الشكل 7

الشكل 7

في الحالة التي يتحرك فيها جسم على مسار دائري بانتظام متغير مع الزمر تسمى حركته بالحركة الدائرية غير المنتظمة والتي لا يكون فيها متجه التسريع ممواً على متجه السرعة المماسية لأية الجسم ، وهذا يعني تسريع الجسم (a) لا متجه نحو مركز الدائرة في هذه الحالة و يمكن تحليل متجه هذا التسريع إلى مركبتين متعامدتين أحدهما مركبة عمودية على متجه السرعة المماسية الأتية تسمى التسريع المركزي (a_r) والذي ينح من حدوث تغير في اتجاه سرعة الجسم المماسية الأتية و الأخرى موازية لمتجه السرعة المماسية الأتية تسمى بالتسريع المماسي (a_T) ، ولا ي نصح من حدوث تغير في مقدار سرعة الجسم لاحظ الشكل 8 ،

و هـ ان متجه a_c ممواً على متجه a_T من محصلتهما نحسب تطبيق نظرية فيثاغورس كما يأتي



شكل (8)

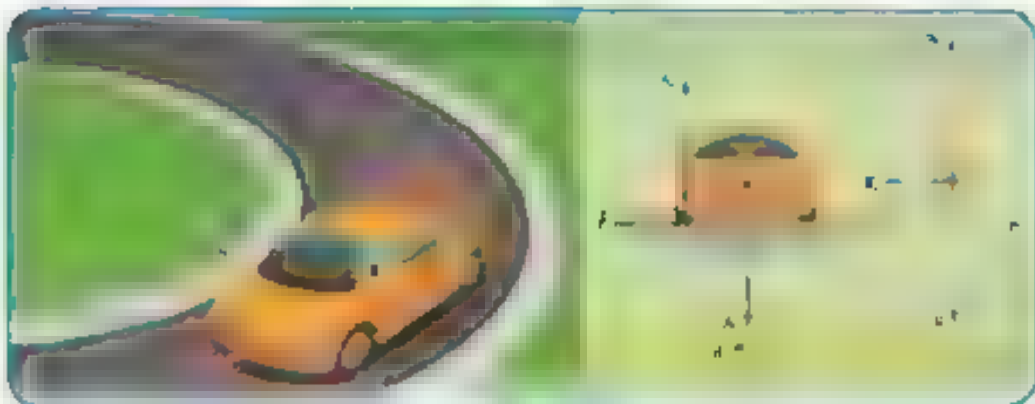
$$a = \sqrt{a_c^2 + a_T^2}$$

ونعبر اتجاه التسريع للمحصل بنسق الآتي

$$\sin \theta = \frac{a_c}{a}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{a_T}{a_c} \right)$$

عندما تتحرك مركبة على منعطف فهي تكون للوعة المركزية (F_c) المماسية لأية لوعة هي قوة الاحتكاك اللزوي (f) بين إطاراتها ورضبة المنعطف لاحظ الشكل 9 ، كما يأتي -



شكل (9)

$$f = \frac{mv}{r}$$

$$f = \frac{mv}{r}$$

ومن قوة الاحتكاك التي يوفرها الطريق يجب أن لا تزيد عن μN ، هو معامل الاحتكاك الشرطي ، أي أن

$$f \leq \mu N$$

أما N ، هي قوة رد فعل الأرضية المعطلة الأفقية والعمودية على الحركة ونسوي وزن المركبة $(N = mg)$ وهذا يعني

$$\frac{mv}{r} \leq \mu mg$$

$$\frac{v}{r} \leq \mu g$$

مكون

$$v \leq \mu r g$$

وهذا يعني أن تسجيل المركبة (g) لا يمكن أن يزيد عن (μg) .

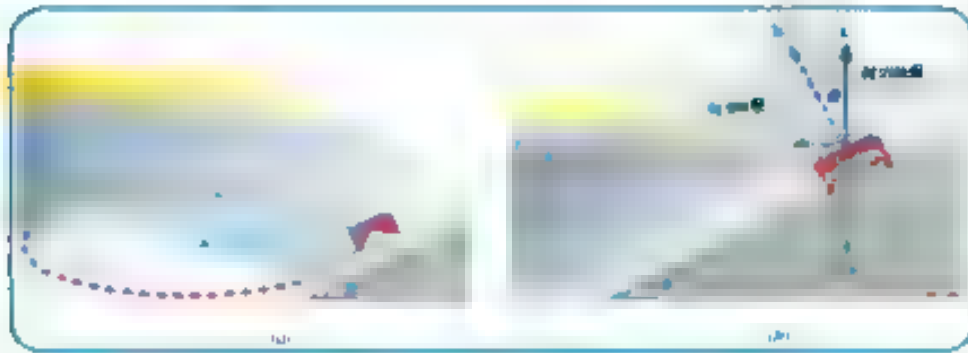
فيكون سرعة الأمان القصوى للسيارة في المعطلة من غير أن تنزلق عن الطريق .

$$v = \sqrt{\mu r g}$$



سأنا الصريح مثلاً عند المعطلة ، بحيث يكون ارتفاع الحافة الخارجية للطريق أكبر من ارتفاع حافته الداخلية . سيجد القوة المركزية f_c المناسبة للاستدارة دون الاعتماد على قوة الاحتكاك ، وحساب أوبه من المعطلة عن الأفق نحصل على N ، التي هو كثير فتعمل المركبة ، أفقية له . فعل الطريق $(N \sin \theta)$ على تغيير اتجاه السرعة للمماسية الاتجاهية

للمركبة لأحد الشكل 10 ، وفي القوة المركبة المتساوية للاستدارة وسدء نحو مركز الدائرة .



الشكل 10 ،

يصف للمركبة المتساوية $(N \cos \theta)$ يعادل وزن السيارة أي أن :

$$N \sin \theta = F_c \dots \dots \dots (1)$$

$$N \cos \theta = W \dots \dots \dots (2)$$

بالقسمة يع

$$N \sin \theta = \frac{mv^2}{r}$$

$$N \cos \theta = mg$$

$$\tan \theta = \frac{v^2}{rg}$$

فمحصر على

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right)$$

لقد يتد في أعلاه أن الوزن الحقيقي (W_{real}) بحسم شعوره عن أنه حسب الأرض بحسم كتلته (m) ، ويحسم أنه أن الحقيقي بمصدر استقاله النابض في القطار الحثري ومعدار بعجل الجاذبيه عند سطح الأرض يكون : $g = 9.8 \text{ N/kg}$

$$W_{real} = mg$$

أما الوزن لظاهري $(W_{apparent})$ ، المؤثر ، جسم ما فهو القوة التي يملطها معاند الجسم على الجسم ، ويوصيح ذلك :-



11a

لاحظ الشكل (11) إذ يبين شخص كتلته (m) واقف على ميزان لقياس الوزن في مصعد

من ملاحظة الشكل (11) نجد أن هناك قوتين فقط تؤثران في الشخص ، القوة الاولى هي قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في الجسم (mg) باتجاه الأسفل وباتجاه مركز الارض ، والقوة الأخرى هي (\vec{N}) ، وتمثل تأثير رد فعل أرضية المصعد في الجسم وإتجاهها نحو الأعلى فلو كان المصعد ساكناً أو صاعداً أو بارداً شاقولياً بسرعة ثابتة فإن تعجيل المصعد (وهو تعجيل الشخص) في الحالات الثلاث يساوي صفراً ($a = 0$)

ونطبق القانون الثاني لنيوتن لمصعد متحرك بسرعة ثابتة فإن صافي القوة المؤثرة في الشخص يعطى بـ :-

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\sum \vec{F} = \vec{N} - \vec{w}$$

$$\vec{N} - \vec{w} = m\vec{a}$$

وبما أن تعجيل الشخص = صفراً ، $a = 0$ ،

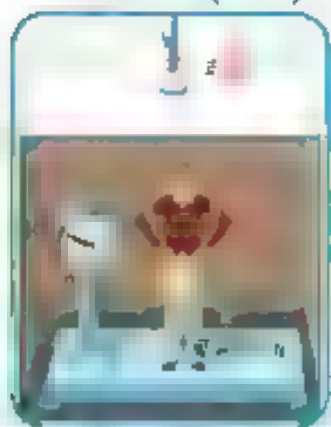
$$\vec{N} - \vec{w} = 0$$

فإن :-

$$\vec{N} = \vec{w}$$

ي أن الوزن الظاهري (\vec{w}_{app}) (قراءة الميزان) = الوزن الحقيقي لشخص (\vec{w})

أما إذا كان المصعد بارداً شاقولياً بتعجيل ثابت \vec{a} كما في الشكل (11b) ، فإن علاقة صافي القوة مع التعجيل تعطى بالشكل الآتي :-



11b

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

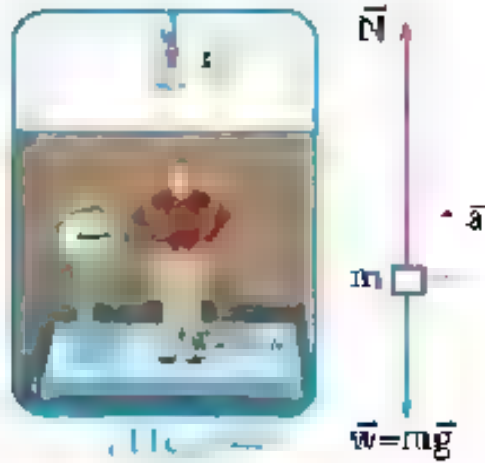
$$\vec{w} - \vec{N} = m\vec{a}$$

$$\vec{w} = \vec{N} + m\vec{a}$$

وهذا يعني أن الوزن الظاهري للشخص (\vec{w}_{app}) أقل من وزنه الحقيقي (\vec{w})

بالمقدار (ma)

= أي إذا كان المصعد صاعداً ساقولياً نحو الأعلى بتسريع a كما في الشكل (11c) فإن علاقة صافي القوة مع التسريع تعطى بـ

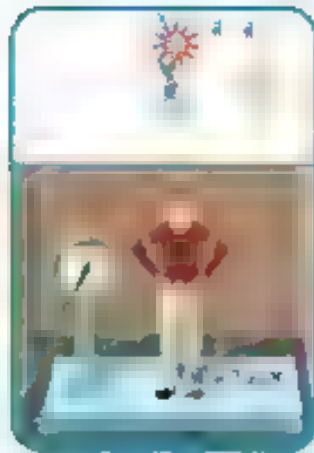


$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= m\vec{a} \\ \vec{N} - \vec{w} &= m\vec{a} \\ \vec{w}_{app} &= \vec{w}_{real} + m\vec{a}\end{aligned}$$

أي أن الوزن الظاهري للشخص (\vec{w}_{app}) في هذه الحالة أكبر من وزنه الحقيقي (\vec{w}) بمقدار

(ma)

= أما إذا كان المصعد ساقطاً سقوطاً حراً أو صر انقضاء استاذك المصعد فإن تسريع المصعد يساوي التسريع الأرضي ($a = g$) فيكون صافي القوة :-

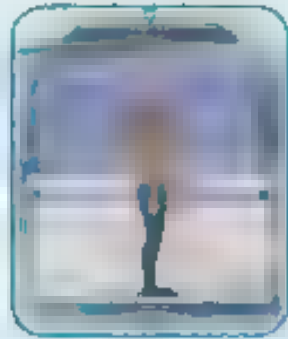


الشكل (11d)

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= m\vec{a} \\ \sum \vec{F} &= m\vec{g} \\ \vec{w} - \vec{N} &= m\vec{g} \\ \vec{w}_{app} &= \vec{w}_{real} - m\vec{g} \\ \vec{w}_{app} &= m\vec{g} - m\vec{g} \\ |\vec{w}_{app}| &= 0\end{aligned}$$

وهذه العلاقة تبين عدم الوزن الظاهري للجسم في حالة السقوط الحر .

يضع شخص كتلته 60kg على ميزان والقياس الوزن في مصعد متحرك



فأراده الميزان ، الوزن الظاهري ، عندما يكون المصعد .

a. يتحرك شاقولياً بسرعة ثابتة .

b. عن لأشاقولياً بتعجيل 2m/s^2 .

c. صاعدة شاقولياً بتعجيل 2m/s^2 .

على التزم من أن التعجيل الأرضي للسقوط الحر $(g = 10\text{ m/s}^2)$

الحل

بتصنيف للقانون الثاني لنيوتن على المحور (y) نرسم المخطط الحر لتجميع القوى المؤثرة فيه

كما في الشكل (12)

a. عندما يتحرك المصعد شاقولياً بسرعة ثابتة في اتجاه الصعود (y) فإن التعجيل $a = 0$ صفر

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = 0$$

$$N - w = 0 \rightarrow N - m\vec{g} = 0$$

$$N = mg = 60 \times 10 = 600\text{N}$$



$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$N - mg = m\vec{a}$$

$$N - mg = m\vec{a}$$

$$60 \times 10 - N = 60 \times 2$$

$$N = 600 - 120$$

$$= 480\text{Newton}$$

b. حينما يذرع المصعد شاقولياً بتعجيل 2m/s^2 في



في أن الوزن الظاهري للمصعد يتساوى

$$480\text{Newton} = 60 \times 8 = 480\text{Newton}$$

c. حينما يصعد المصعد شاقولياً بتعجيل 2m/s^2 في

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$N - mg = m\vec{a}$$

$$N - 60 \times 10 = 60 \times 2$$

$$N = 720\text{Newton}$$



$$N = 720\text{Newton} = 60 \times 12 = 720\text{Newton}$$

(مسألة الفصل السابع)

- 1 / اختر العبارة الصحيحة لكا من العبارات الآتية
- (1) جسم يتحرك على مسار دائري بانتلاق ثابت يكون اتجاه تسعيته .
- a يتجه الحركة
b يتجه مركز الدوران
c بعيدا عن مركز الحركة .
d أي واحد مم ذكر يجهم تلك على موضع الجسم
- 2 / سيارة تتحرك على مسار دائري على طريق أفقية من القوة المركزية المؤثرة في السيارة
- a القصور الذاتي .
b الجاذبية الأرضية
c قوة الاحتكاك الشروي بين إطارات السيارة والسطح
d رد فعل السريق العمودي على السيارة
- 3 / القوة المركزية التي يفي الأرض في مسيرها حول الشمس موافق
- a بواسطة القصور الذاتي .
b بواسطة دوران الأرض حول محورها
c جزءا بواسطة جاذبيه سحب
d بواسطة جاذبية الشمس .
- 4 / يتحرك جسم على مسار دائري بانتلاق ثابت ذو نصف قطر مساره يسري من القوة المركزية اللازمة لبقائه في ذلك المسار بصير
- a ربع مما كانت عليه
b نصف مما كانت عليه
c مرتين اكبر مما كانت عليه
d أربع مرات اكبر مما كانت عليه
- 5 / سيارة كتلتها (1200kg) ، سلقها (6m/s) عند مرورها في منعطف دائري نصف قطره (30m) من القوة المركزية العمدة على اسياره في
- a 48N
b 147N
c 240N
d 1440N .
- 6 / عند انتقال شخص من موضعه عند خط الاستواء الى موقع عند احد القطبين الجغريين فإن لوزن المؤثر للجسم
- a يصير اصغر من وزنه الحقيقي
b يصير اكبر من وزنه الحقيقي
c يساوي وزنه الحقيقي
d يساوي صفرا

٢- قطر التسلية في مديته الألعاب يسير على السطح الداخلي لسكة دائرية بمستوى شاقولي فان الورد المؤثر لشخص الجالس في عربة العطار لحظة مروره في اوط نقطة من مسار ه يماوي .



$$W_{app} = W_{real} \quad b \quad W_{app} = W_{real} + F_c \quad a$$

$$W_{app} = W_{real} - F_c \quad d \quad W_{app} = F_c - W_{real} \quad c$$

س 2

- 1 اكتب معادلة القوة المركزية و اثبت ان وحدة قياسها تقدر بالنيوتن .
- 2 هل يمكن لجسم ان يتحرك على مسار دائري من غير وجود قوة مركزية مؤثرة فيه ؟ ولماذا ؟
- 3 هل يمكن ان يتزن الجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة ؟ ولماذا ؟
- 4 تحت اي شرط يمكن لجسم ان يتحرك على مسار دائري فيممتلك تعجلاً مركباً ولا يمتلك تعجلاً مماسياً وضح ذلك
- 5 ما سبب انفصال قطرات الماء عن الملابس المبللة الموصولة في آلة تجفيف الملابس ذات الحوص الدوار أثناء دورانه ؟

تمارين

- س 1 ركب شخص دولاب هواء نصف قطره 10m يدور بمستوى شاقولي كم يكون ر من الدوران الواحدة لكي يصير وزنه المؤثر الظاهري صفراً في اعلى نقطة ؟
- س 2 على فرض لو اردت السرعة الزاوية للكرة الارضية وصر التعجيل المركزي لشخص يقف عند خط الاستواء بصر تعجيل الجانبة الارضية فكم سيكون الورد الظاهري لهد الشخص ؟

س3، اجسد التعميد المركزي لحجم عند نقطة على سطح الأرض بعد عن محور دوران الأرض 5000km

س4، صريق مقوسه دليربه عرضيه 3.75m مائه عن الأفق ونصف قطر مقوسها الأفقي 120m مصممة لسير السيارات بالانطلاق المعدل 29.698m/s احس ارتفاع الدفعة الخارجيه لنطريتي من حاضره الدخيله .

س5، قمر صناعي يحركه بعطالق ثابت في مسير دائري نصف قطره مداره عن مركز الأرض 7000km حد :

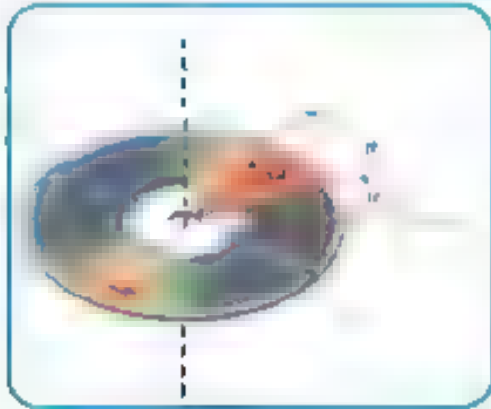
1 انطلاق القمر الصناعى في مداره . 2 زمن الدوران الواحد عند هذه الة ان
 عظاماً ان ثابت الجذب العام = $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$

$$M_E = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg} = \text{كتلة الأرض}$$

س6، سيارة تسير على منحنى افقى دائري نصف قطره 200m بالانطلاق ثابت 30m/s حد
 كتلة السيارة 1000kg

1 حد قوة الاحتكاك بالترمه لولفر القوة المركزية الترمه
 2 ان كان معامل الاحتكاك الشروعى $0.8 - \mu$ اكم اكبر انطلاق تسير به للسياره على
 العسلر الدائري من غير انزلاق





شكل (13)

عندما نتعامل مع جسم دائري يصبح التحريك مجسط جيداً على فرض أن ذلك الجسم جليداً ، وتعرف الحركة الدورانية للجسم الجليدي بأنها : دوران جسم جليدي حول محور معين يمر منه أو مار من إحدى نقاطه لاحظ الشكل (13) ، الذي يوضح المصطلح من على الدوران لفرض مدمج (Compact disk) مكون من محور محور ثابت مار في النقطة O ، وهو على مستوى العرض

إذا تغيرت سرعة الزاوية الزاوية الجسيم من $(\vec{\omega}_1)$ إلى $(\vec{\omega}_2)$ في الفترة الزمنية Δt فالجسم يمتلك تعجلاً زاوياً ، وعندها نعرف التعجيل الزاوي (α) بأنه المعدل الزمني للتغير في السرعة الزاوية ، ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$$

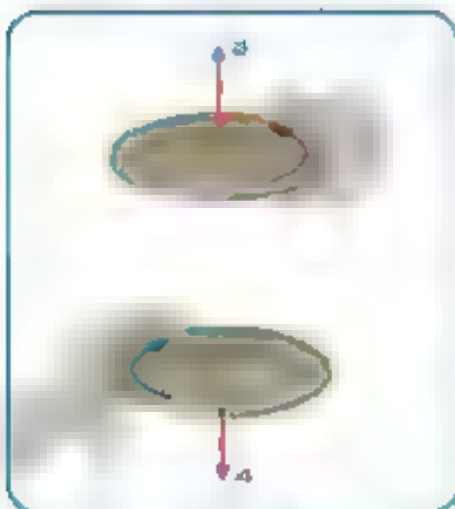
ويعبر عن التعجيل الزاوي بوحدة rad/s^2 أو rad/s^2

عند دوران الجسم الجليدي حول محور ثابت فكل جسيم من جسيماته يكون له سرعة الزاوية نفسها حول ذلك المحور في الفترة الزمنية نفسها أي له

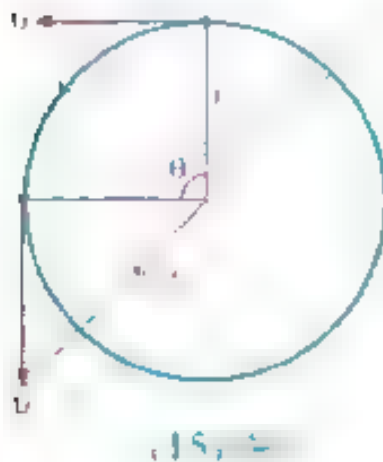
السرعة الزاوية نفسها وله التعجيل الزاوي نفسه

طبقاً على هذه الكمية اليمى لتعيين اتجاه سرعة الزاوية ويكون له الاصطلاح الاتجاه الكمي للكم اليمى بالاتجاه الدوران ، فالإشارة تشير إلى اتجاه السرعة الزاوية ، لاحظ الشكل (14)

اتجاه التعجيل الزاوي $\vec{\alpha}$ للجسم جليدي حول محور ورائه القيد يكون باتجاه السرعة الزاوية نفسها $\vec{\omega}$



شكل (14)



عد ترددها مع الزمن θ في حالة السار ω وباتجاه معكس θ عد بتقصيها مع الزمن θ في حالة تبطل ω

نصور جسمًا واحدًا في الجسم الجاسي الذي يسور حول محوره بسرعه زاويه منتظمة فانه يتحرك على مسار دائري نصف قطره (r) حول محور الدوران ثابت لاحظ الشكل (15)، ولكون الجسم يتحرك على مسار دائري فإن متجهه سرعه التماسية v هو مقدار ثابت واتجاهه منحرف باستمرار بزاوية (θ) .

ومنها :

$$s = r\theta$$

و تكون بذلك السرعة التماسية للجسم تساوي بعد الجسم عن محور الدوران مضروب في السرعة الزاوية للجسم الجاسي . يمكن إيجاد العلاقة بين التعجيل الزاوي للجسم وتعجيله التماسي (a_t) جذر في مركبة التعجيل التماسية تكون

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_t = \frac{\Delta(r\omega)}{\Delta t}$$

$$a_t = r \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$a_t = r\alpha$$

يعني أن :

تكون :

وهذا يعني ان المركبة التماسية للتعجيل (التألي) (a_t) للجسم التي تعطي حركة دائرية يساوي بعد الجسم عن محور الدوران (r) مضروب في التعجيل الزاوي (α) .

إن معادلات الحركة الخطية للجسيم المعجل رأوي منتظم يعبر عنها بالصورة الرياضية نفسها للحركة المستقيمة للجسيم المعجل خطي منتظم فهي خطي كما في الجدول التالي :

| معادلات الحركة الخطية | معادلات الحركة الخطية |
|---|---------------------------------|
| $\omega_f = \omega_i + \alpha t$ 1 | $v_f = v_i + at$ 1 |
| $\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\theta$ 2 | $v_f^2 = v_i^2 + 2ax$ 2 |
| $\theta = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$ 3 | $x = v_i t + \frac{1}{2}at^2$ 3 |
| $\theta = \frac{\omega_i + \omega_f}{2} t$ 4 | $x = \frac{v_i + v_f}{2} t$ 4 |

- تدوير عجله بمعجل رأوي منتظم $\alpha = 3.5 \text{ rad/s}^2$ إذا كانت السرعة الزاوية 2 rad/s عند الزمن $t_0 = 0$ ، ما الأ زاوية التي تدورها لحظة بين الزمن $t = 0$ و $t = 2 \text{ s}$ ؟
1. الزاوية نصف القطرية ، وبالتالي
 2. ما مقدار السرعة الزاوية العجده عند الزمن $t_1 = 2 \text{ sec}$

الحل /

$$\theta = \omega_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad 1$$

$$\theta = 2 \times 2 + \frac{1}{2} \times 3.5 \times (2)^2$$

$$\theta = 4 + 7$$

$$\theta = 11 \text{ rad}$$

الأ زاوية الزاوية به (radian)

$$\frac{11 \text{ rad}}{2\pi \text{ rad / rev}} = 1.75 \text{ rev}$$

بالدورات

$$t = 2s$$

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t$$

$$\omega_f = 2 + 3.5 \times 2$$

$$\omega_f = 9 \text{ rad / s}$$

سوف ندرس عزيري الطالب في موضوع الحركة لخطية من الاجسام يسيل الى المداخلة على حالتها الحركية وعكس قاصره من انهاء ذاتها عن تغيير حالتها الحركية مالم يولد في الجسم محصلة قوى خارجية تغير تلك الحالة . وقد سميت هذه الخاصية بالقصور الذاتي



شـ 16

ونجد ما يمثل هذه الخاصية في الحركة الدورانية فاللحظة الدورانية الموصلة بالشكل (16) تكون قاصرة ذاتياً عن تغيير حالتها الحركية الدورانية الا بتاثير محصلته عزوم خارجية فيها . وهذا يبدأ على وجود قصور ذاتي دوراني له اما عزم القصور الذاتي لجسم كتفه (m) يبعد بالمقدار r عن محور الدوران هو .

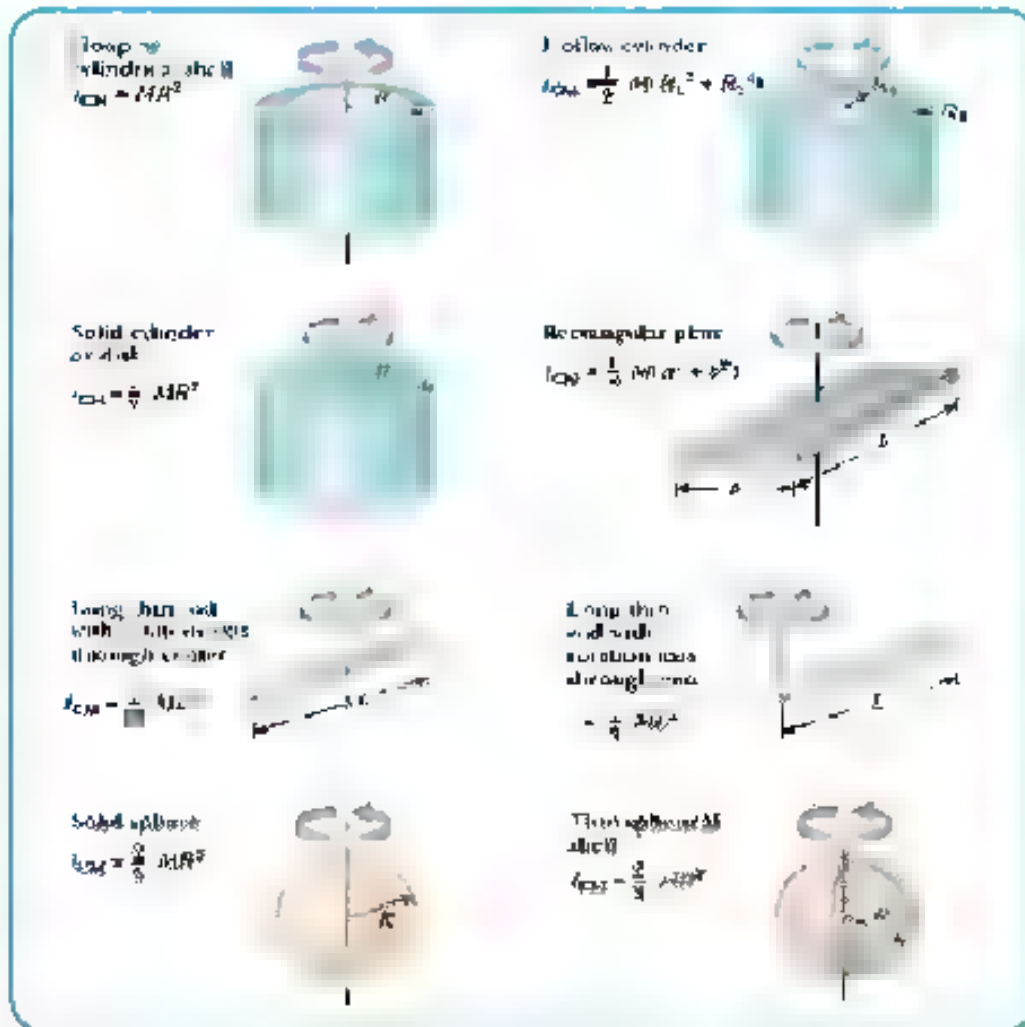
$$I = mr^2$$

اما عزم القصور الذاتي لجسم جامد حول محور معين فانه يسوي لمجموع العزوم القصور الذاتية لجميع الجسيمات المكونة له حول المحور نفسه

$$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

ونقار عزم القصور الذاتي بوحدة (kg. m²) في النظام الدولي للوحدات SI . وس نجد بالذكر ان عزم القصور الذاتي (I) بعد مقياسا لمقاومة الجسم للجاسي للتغير في سرعته الزاوية وان عزم القصور الذاتي للجسم يعتمد على :

1. كتله الجسم
2. شكل الجسم
3. مخط توزيع الكتله بالنسبة لمحور الدوران



جدول (۱)

والحدود 1 متر مربع و 1 متر مكعب ، الكتلة للأجسام الحسنة للمحاور المختلفة ، لإشكال الهندسية .

قد نلاحظ بعض الأجسام حركتين في آن واحد ، أحدهما حركة دورانية ، والأخرى حركة انتقالية مثل تسارع كرة تسرعه صرنا ، من غير أن نلاحظ ، أو حركة عجلة الدراجة ، أو عجلة السيارة ، على سطح أفقي خشن نكتب ، حركة انتقالية ، وحركة دورانية ، على سطح أفقي خشن في الطرقة الحركية الكمية للجسم الجاسي نساوي مجموع طاقتيه الحركية الخطية ، وطاقته الحركية الدورانية

(ي ن)

$$KE_{\text{translational}} = KE_{\text{rotational}} + KE_{\text{translational}}$$

$$K_{\text{translational}} = \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

تتحرك كرة صلبة على سطح أفقي خشن بسرعة صفر في انطلاق حتمي
 بـ 1.5 m/s لمرکز کتبی و کبر نصف قطر هـ 0.1 m ، کتبی 0.2 Kg حسب

مقدار ω ، عزم القصور الذاتي حول محور يد الجسم المار من مركزها .

$$I (\text{Solid sphere}) = \frac{2}{5} mr^2 \quad \text{طاقة الحركية الكلية} \quad \text{عند يسـ}$$

الحل /

$$I_{\text{sphere}} = \frac{2}{5} mr^2$$

$$I = \frac{2}{5} \times 0.2 \times (0.1)^2$$

$$I = 0.0008 \text{ kg.m}^2$$

$$v = r\omega \Rightarrow 1.5 = 0.1 \times \omega \Rightarrow \omega = 15 \text{ rad/s}$$

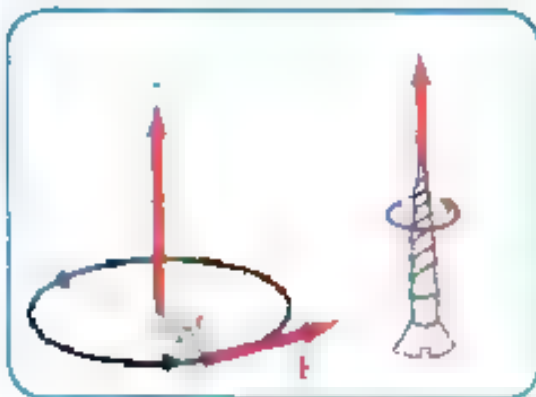
$$KE_{\text{Total}} = KE_T + KE_{\text{Rot}}$$

$$= \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.2 \times (1.5)^2 + \frac{1}{2} \times 0.0008 \text{ kg.m}^2 \times (15)^2$$

$$= 0.315 \text{ Joule} \quad \text{مقدار ضابها الحركية الكلية}$$

لقد تناولنا دراسة لانزياح الزخم للجسم الجاسي عندما يكون مقدار محصلة العزم الخارجية المؤثرة فيه يساوي صفراً . هنا سنأخذ ماذا يحصل للجسم الجاسي إذا كان مقدار محصلة العزم الخارجية المؤثرة فيه لا يساوي صفراً ؟ في مقدار يتنا بالساد مع المتغير الثاني سيؤثر في الحركة الانتقالية الخطية بحيث أن سافح حصول تغيير في السرعة الزاوية للجسم الجاسي .



شكل 17

هو أثر محصلة عزم خارجية في بولاب قابلاً للدوران لاحظ الشكل 17، ونكتبه تعجباً .
 وبما أن هذا التعجيل الزاوي يتناسب طردياً مع محصلة العزم المؤثرة فيه ويتجه باتجاهها .
 ويناسب عكسياً مع عزم القصور الذاتي للذو لا .
 أي أن مقدار محصلة العزم المؤثرة في الجسم الجاسي بتعجب طردياً مع تعجبه الزاوي وان ثلثه .
 هذا التعجب هو عزم القصور الذاتي .

أي أن

$$\sum \vec{\tau} = I \alpha$$

$$\sum \vec{\tau} = I \alpha$$

ويصبح تطبيق هذا القانون على الجسم الجاسدة جميعاً في أثناء دوراتها وبفاس العزم الدورى بوحدة $(N \cdot m)$ ومن متجهين بالتكرار العزم الدورى ، التعجيل الزاوي كميتين متجهتين لهما الاتجاه نفسه هو يصح على محور الدوران (صيف لفة عدة الكف اليسرى) ، أما عزم القصور الذاتي (I) فهو كمية قياسية



سطوانة صلبة كتلتها 1 kg نصف قطرها 0.2 m تدور حول محور يمر من مركزها وجهاً عمداً لثقلها فورد عزمها 10 N احسب -

$$\vec{\tau} = I \alpha$$

1- مقدار سرعتها الزاوية بعد مرور 5 s من بدء الدوران .

$$\vec{\tau} \times F = \frac{1}{2} m r^2 \alpha$$

2- وقت عدد دورات

الحل / 1

$$0.2 \times 10 = \frac{1}{2} \times 1 \times 0.2^2 \times \alpha$$

$$I = 0.04 \alpha$$

$$\alpha = \frac{4}{0.04} = 100 \text{ rad/s}^2$$

$$\omega_f = \omega_i + \alpha \Delta t$$

$$\omega_f = 0 + 100 \times 5$$

$$\omega_f = 500 \text{ rad/s} \quad \text{مقدار السرعة الزاوية للاستجابة}$$

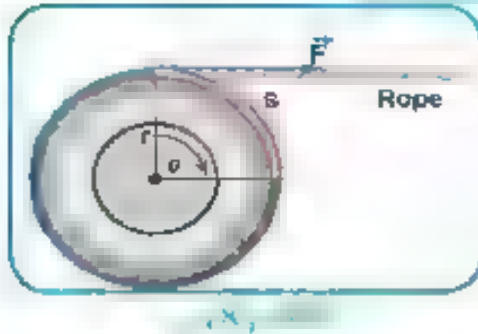
$$\theta = \frac{\omega_f + \omega_i}{2} \times \Delta t$$

$$\theta = \frac{500 + 0}{2} \times 5 = 1250 \text{ rad}$$

2

$$n_{\text{rev}} = (1250 \text{ rad}) \times \left(\frac{1}{2\pi} \frac{\text{rev}}{\text{rad}} \right)$$

$$= \frac{625}{\pi} \text{ rev} = 199 \text{ rev}$$



نعتبر قرص نصف قطره (r) يمكنه الدوران حول محور أفقي يمر من مركز وجهيه. أثرت في حافته قوة مماسية (F) لاحظ الشكل (18) وبعد مرور مدة زمنية (t) دار العرص بزاوية (θ) وقد دارت نقطة تأثير القوة (a) وقطعت قوساً طوله (s) وبذلك انجزت القوة (F) شغلاً مقداره :

$$\text{Work} = \text{force} \cdot \text{distance}$$

$$W = F \cdot S$$

$$S = r \theta$$

$$W = (r \cdot F) \cdot \theta$$

$$\tau = r \cdot F$$

$$W = \tau \cdot \theta$$

ي أن الشغل الدوراني المنجز يساوي حاصل ضرب العزم المدور (τ) في لاراحة الزاوية (θ) ويعد الشغل المنجز بوحدة **Joule**، يسم بقد العزم المدور بوحدة **N m**، والاراحة الزاوية تقدر بـ **rad**، (الزاوية نصف القطرية) وبما أن مقدار الشغل الدوراني المبدول

W ، يكافئ مقدار التعبير في الطاقة الحركية الدورانية ΔKE_{rot}

$$W = \Delta KE_{rot} = KE_{rot(f)} - KE_{rot(i)} \quad \text{حيث أن :}$$

$$W = \frac{1}{2} I \omega_f^2 - \frac{1}{2} I \omega_i^2$$

$$W = \frac{1}{2} I (\omega_f^2 - \omega_i^2)$$

بما أن القدرة الدورانية **Rotational Power** (P_{rot}) هي المعدل الزمني لشغل المنجز وعليه

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{\tau \cdot \theta}{t} \quad \text{فإن}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\bar{\omega}_{avg} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \Rightarrow P_{rot} = \tau \cdot \bar{\omega}_{avg}$$

حيث أن القدرة الدورانية (P_{rot}) تساوي حاصل ضرب العزم المدور في متوسط السرعة الزاوية وتقاس بوحدة **Watt**.

محرك كهربائي قوته $(1.72 \times 10^5 \text{ watt})$ يسور بسرعة زاوية متوسطة مقدارها (500 rev min) ما مقدار العزم المتور العمل على تكويره ؟

الحل /

تحول السرعة الزاوية من (rev / min) الى (rad s) :-

$$\omega = 500 \times \frac{2\pi}{60} = \frac{50\pi}{3} \text{ rad s}$$

$$P_{\text{avg}} = \tau \cdot \omega_{\text{avg}} \Rightarrow P_{\text{avg}} = \tau \cdot \frac{50\pi}{3}$$

$$1.72 \times 10^5 = \tau \times \frac{50\pi}{3}$$

$$\tau = \frac{3 \times 1.72 \times 10^5}{50\pi}$$

$$\tau = 3286 \text{ N m}$$



الشكل (19)

الزخم الزاوي (L) للجسم الجاسي حول محور دورانه هو عزم الزخم الحظي حول محور الدوران وهو كمية متجهة ويعتمد على عزم قصوره الذاتي (I) وسرعته الزاوية (ω) ، مثلما يعتمد زخمه الحظي (p) على كتلته (m) وسرعته الخطية

(ω) ويفسر الزخم الزاوي بوحدة $(\text{kg.m}^2/\text{s})$ ومن ملاحظتك للشكل (19) تجد ان

الزخم الزاوي يعطى بالعلاقة الآتية .

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

$$\vec{L} = \vec{r} m \vec{v}$$

$$\because \vec{\omega} = \frac{v}{r} \Rightarrow \vec{L} = mr^2 \vec{\omega}$$

$$\therefore \vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$$

إذا تغير عزم القصور الذاتي للجسم الجاسي من I_1 إلى I_2 في أثناء دورانه حول محور ثابت ومن غير تأثير محصلة عزوم خارجية في الجسم فإن سرعته الزاوية سوف تتغير من ω_1 إلى ω_2 وذلك لأن زخمه الزاوي L يبقى ثابتاً (في المقدار والاتجاه) في أثناء الدوران أي أن الزخم الزاوي لهذا الجسم يكون محفوظ في أثناء الدوران حول محور ثابت وبصر قانون حفظ الزخم الزاوي لجسم أو لمجموعة من الأجسام :-

، على تكون محصلة العزوم الخارجية المؤثرة في جسم حاسي أو سقطة من الحسب جسمه يسوي صفر فإن الزخم الزاوي مكلي للجسم الحاسي أو منطومة الحسب الجسم يبقى ثابتاً .



الشكل (20)

مثال ذلك المتزلج على الجليد لاحظ الشكل (20) يريد من سرعته الزاوية عندما يحفظ ذراعيه جانباً ويضم قدميه لبعضهما فيقل عزم قصوره الذاتي حول محور الدوران الثابت مع بقاء زخمه الزاوي ثابتاً .

أي أن الزخم الزاوي النهائي = الزخم الزاوي الابتدائي

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

ومن التطبيقات العملية لقانون حفظ الزخم الزاوي (رقصة الباليه ، السباح يكور جسمه عندما يقفز من على لوحة السباحة) منصة القفز ، لاعب السيرك ، وغيرها

أسئلة لفصل الثاني

1. اختر العنصر الصحيحة من العنصرات التالية
1. إذا دار قرص حول محوره بزاوية مسطحة فإن معدله الزاوي **a** التجهيل الزاوي للقرص **b** الشغل الدوراني للقرص **c** السرعة الزاوية للقرص **d** محصله العزوم الخارجية لسورة في القرص.

2. يثبت ثقل عند حافة منصة دائرية تدور بمسوى أفقي حول محور شاقولي مار بمركزها فإن اهتزاز الثقل بسيط، بخلاف اهتزاز المنصة من غير تأثير عزم خارجي، فإن مقدار الزخم الزاوي للثقل

- a** يزداد **b** يبقى ثابتا **c** يقل **d** يسوي الزخم الزاوي للمنصة.

3. إن (Joule .second) هي وحدة

- a** قدرة **b** عزم تدوير **c** تعجيل زاوي **d** زخم زاوي

4. إن المعادل الزاوي لكتلة الزخم الزاوي يمثل

- a** عزم قصور **b** شغل دوراني **c** قوة **d** لزمحة زاوية

5. فصار يدور على شكله دائرية بمسوى أفقي بالتصاق ذبذبات الذي يتغير تعجلات قطار هو
- a** زخم الزاوي **b** عزم قصور ما الدتري **c** مقدار سرعته الزاوية **d** طاقته الحركية الدورانية

6. ثقل مائل

1. السور على الأرجح المتحركة على السور التوازن على زاوية واقفة
2. يمكن الجسم أن يملك زخمًا زاويًا على الرغم من أن الشغل الزاوي الموفّر فيه يسوي صفرًا
3. يحد الشخص سرعته أو يحد من مسافة أفقية عندما يعني على حبل أفقي مشدود

مسائل

س1 بدأت سيارة الحركة من السكون وكان قطر كل عجلة من عجلاتها (80cm) وتسارعت بانتظام فبلغت سرعتها (20m/s) خلال (25s) فما :

- 1 التّعجيل الزاوي لكل عجلة ؟
- 2 عدد الدورات التي تدورها كل عجلة خلال تلك المدة

س2 عجلة تدور بسرعة زاوية منتظمة أثر فيها عزم مصاد فتوقفت عن الدوران بعد أن دارت (50rev) خلال (10s) مصادف .-

- 1 سرعتها الزاوية الابتدائية .
- 2 التّعجيل الزاوي

س3 قرص نصف قطره (0.6m) وكتلته (80kg) يدور بسرعة (3600rev min) فما مقدار العزم المؤثر في القرص لإيقافه عن الدوران خلال (20s) ؟

س4 عجلة قطرها (0.72m) وعزم قصورها الذاتي (4.8kg.m^2) أثرت في حافتها قوة مماسية مقدارها (10N) وبدأت الحركة من السكون : فما

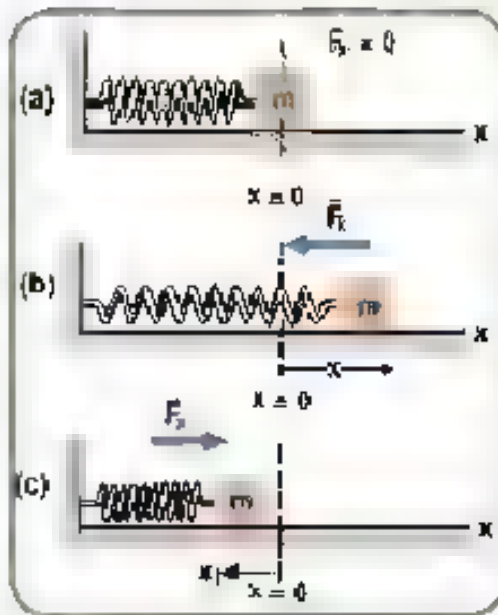
- 1 التّعجيل الزاوي ؟
- 2 معدل الفرة الدورانية الناتجة عن الشغل الزاوي المبدول خلال (4s) ؟

س5 قرص عزم قصوره الذاتي (1kg.m^2) كان يدور بسرعة زاوية منتظمة أثر فيه عزم مماسي مصاد فأوقفه عن الدوران بتعجيل زاوي منتظم بعد (4s) فكس الشغل الدوراني المبدول (200J) فما مقدار العزم المؤثر المصاد ؟

س6 كرة صلبة كتلتها (0.5kg) ونصف قطرها (0.2m) تتدحرجت من السكون من قمة سطح مائل حش ارفعه الشاقولي (7m) بدحرجة صرفة ما مقدار طاقته الحركية الكلية

في أسفل المثلح المائل علما بأن عزم القصور الذاتي للكرة الصلبة $I_{\text{solid sphere}} = \frac{2}{5} mR^2$

2-9 حركة التذبذب البسيط



الشكل 2-9

تُعرف على الحركة التوافقية البسيطة بأنها حركة اهتزازية تحدث حركة ذواتها بسطية ؟
 الانحياز عن هذا المصطلح تافه حركة جسم الموصوع
 في الشكل (2-9) و الموصوع على سطح أفقي مهم
 الاحتكاك كتلة (m) و هو ط جاذب ط في بعض
 محاور و بطرف الآخر اللابص مثبت بجدار و للكتلة في
 حاله يكون عند موضع الاستقرار (x=0) .
 عند ثوب قوة السحب (F) في كتلة (m)
 فتتأثر بها عن موضع استقرارها بالاراحة (x=0)
 نحو اليمين الشكل (2-9b) . و بهذا فم انجر شغل
 على اللابص و يحزن هذه الشغل بشكل طاقة
 كامنة بمرور و بالنتيجة فإن اللابص على سبب يفر (F) في قوة مروية اللابص تحاول
 ارجاع الكتلة (m) الى موضع استقراره و قوة مروية اللابص هذه تتأثر في المقدار القوة للموترة
 في الجسم و معاكسة لها بالانحياز تسمى بالقوة المعنده
 و عند كس اللابص و بقوة (F) نحو اليسار من الكتلة مزاح ناراحة (x) نحو اليسار و يتغير
 عند قوة معاكسة لها بالانحياز و مسلوقة لها في المقدار هي قوة مروية اللابص (F) نحو
 اليمين لاحظ الشكل (2-9c) و يفر عن القوة المعنده اللابص يتغير بكون و كما يأتي .

Spring force, \vec{F}_s , spring constant , displacement

$$\vec{F}_s = -k\vec{x}$$

هذه معادلة

\vec{F}_s = القوة المعنده بلفس ، Newton

k = ثابت سبب بلفس ، N / m

\vec{x} = الانحياز بلفس ، meter

و مقدار القوة المعنده هذه يتناسب طردياً مع مقدار الانحياز و يكون اتجاه معاكس لها
 (لاشارة السالبة) و عند اجمال فم و الاحتكاك من الكتلة ستعثره بعيد و بسر أ بالسعة نفسها

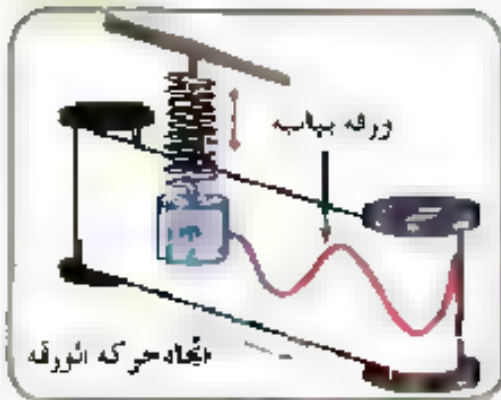
فإن الحركة البندولية البسيطة تعرف بأنها حركة جسيم على خط مستقيم بين نقطتين
تكونان المعبرتين وتنتعجلان في اتجاه عقارب الساعة مع زيادة الزاوية المحيطة بالنقطة المتوسطة عن موضع التوازن
ويوجد معاكس لها .

$$\vec{F}_m \propto -\vec{x}$$

$$\vec{a} \propto -\vec{x}$$

النشاط عملي

تمثيل الحركة التوافقية البسيطة بيانياً



الشكل 1

أدوات النشاط

جسم كتلته (m) ، دبوس مطرز قلم بحرك
على شريط ورقي بياني ملفوف حول أسطوانة
محورها شاقولي وكما موضح في الشكل (1) .

خطوات النشاط

1- تربط الكتلة m في الطرف الحر للناصير بـ
شريط قلم رصاص صغير بالكتلة بحيث يلامس
الأسطوانة أيضاً ، رافياً ، لاحظ الشكل (2) .

2- تسحب الكتلة بقوة صغيرة إلى اليسار وتركها تتحرك بحرية حركة عمودية
ثم دور الأسطوانة لكي يستحب الشريط البياني أفقياً

3- ما شكل الخط الذي يمر منه قلم الرصاص والذي ستحصل عليه ؟

4- سيظهر على الورقة التمثيل البياني للحركة التوافقية البسيطة والذي يقيسه
عظمى $\sin \theta$ أو عظمى $\cos \theta$ والذي درجته دقيق في الرياضيات

وبالرجوع للشكل (2) ، يبين أن الصورة الكاملة هي حركة الجسم المعبر عند مركزه .

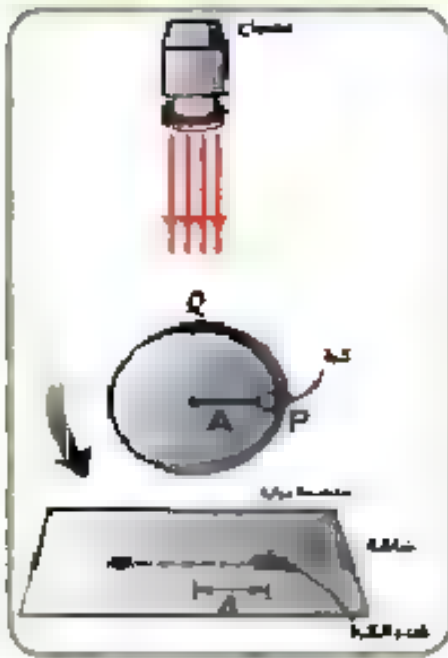
بنقطة معينة على مسار حركته مرتين متتاليتين وبالاتجاه نفسه ، بما سمى الاهتزاز

فهو عند زاوية نصف الميز عن موضع التوازن ويسمى الزمن اللازم لتمام دورة كاملة بالزمن الدوري (Period) ويرمز له بالرمز T إلى أنه .

$$\text{Period}(T) = \frac{\text{Time of many Vibration}}{\text{Number of Vibration}}$$

ويعرف التردد (frequency) بأنه عدد الاهتزازات التي يجرها الجسم في الثانية

الواحدة ويقاس بوحدة تسمى هيرتز (Hz)



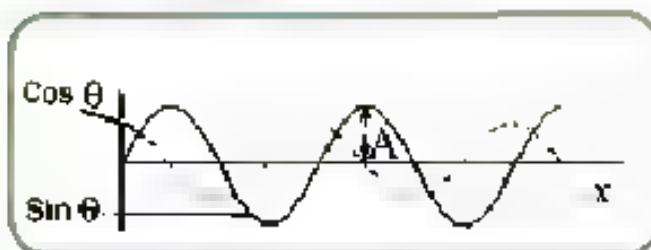
من الممكن ملاحظة هذه العلاقة في المحرر ، من
حامل التمدد كرة صغيرة موضوعة على قرص يدور
بحركة دورانية منتظمة ، تمر على زاوية منتظمة
(ω) ، بحيث يسقط ضوء على الكرة يسقط
طليها شافوياً على شاشة المقابلة مرصو عن بعد
المركز لاحظ الشكل (5) .

الشكل (5)



لاحظ أنك سترى ظل الكرة على الشاشة في موضع
مختلفة وانه سيجد شكل موجة جيبية أي بدورك
إلى الأمام والخلف بحركة دورانية منتظمة
لاحظ الشكل (6) .

الشكل (6)



وكذلك حركة دورية مكر تمثلها بافتراض
محتوي الجيب بعد حركة دورانية منتظمة
لاحظ الشكل (7) وكما يلي:

$$x = A \sin(\theta)$$

حيث $\theta = \omega t$ الزاوية الزاوية

A = سعة الموجة

x = الإزاحة

٢٠٠٠ : التذبذب البسيط

يتكون البندول البسيط من كرة معلقة في نهاية حبل طوله L مهمل الوزن و غير قابل للاستئصال ، ومثبت طرفه الآخر نقطة ثابتة (O) ، إذا سحبت الكرة جانب وتركك بهذا سارجح دهاها و ابات حول نقطة معينة يسمى موضع الاستقرار لاحظ الشكل (8) و بعد إهمال قوى الاحتكاك و ما هو أصغر أو ، الأجله صغير ذو الرادية التي يصنعها الحبل مع الساقول لا تعدى 5° عنها يمكن ان تعتبر حركة الكرة حركة تذبذب بسيطة حيث



ان الكرة عصف تنقل من a إلى c إلى b ثم يعود إلى c ثم a يكون لا أهم حركة كاملة

تأخذ الأجل العكس (9) ، ثم اجب عن الأسئلة الآتية

- ١، ما القوى المؤثرة على الكرة عند أي نقطة من مسرى ؟
- ٢، ما القوة الممركة و المسندة للحصن الكرة ؟
- سجد أن القوة المبرجة $F_{\text{rest}} \text{ (restoring force)}$ تساوي

$$F_{\text{rest}} = mg \sin \theta$$

ما معنى الإشارة السالبة ؟

بما ان القوة المبرجة تبتدل F_{rest} تشبه القوة الممركة

لنظام رابض - جسم ، وبالتالي في $\vec{F}_{\text{rest}} = -k\vec{x}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

حيث L طول الحبل العادل ، g بعجل السقوط الحر



الشكل (9)

١: ابر من الخواي

ساعة متذبذبة طول حبلها 1m احسب الزمن الذي يتأخر اكل عن دولها

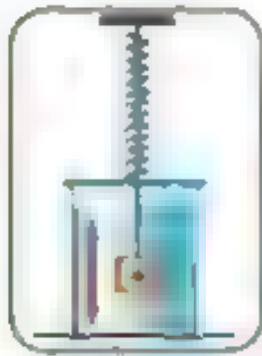
يعارجع - هاداً و ايف تحركه قوا فعية بسيطة ، علف أن $g = 9.8\text{m/s}^2$

الحل /

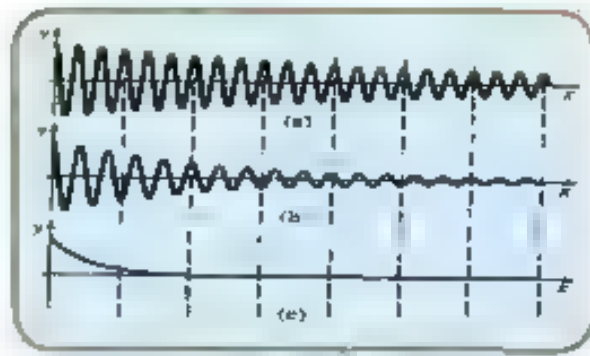
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{1\text{m}}{9.8\text{m/s}^2}}$$

$$T = 2\text{s}$$

نقذ عرفت ان البندول الذي يتحرك حركة توافقية بسيطة ، فان حركته تستمر مادامت طاقته الممنوعة محفوظة . ولكن عند وجود قوة معرقلة كقوة الاحتكاك كم هو الحال عند غمر ثقل معلق بياض محلرر في الماء ، في سائل ذي لزوجة عالية لاحظ الشكل (10) فان هذه الحركة لا تستمر اد تلاشي سعة اهتزازة تدريجيا . هذه النوع من الاهتزاز يسمى الاهتزاز المصمحل او المتلاشي ، **Damping Vibration** ، كم هو موضح في الشكل (11) .



الشكل (10)



الشكل (11)



الشكل (12)

من الواضح انه لكي يهتز اي نظام لمدة معينة من الزمن لابد من تزويده بالطاقة باستمرار لتعويض الطاقة المفقودة خلال كل دورة وذلك ببذل شغل ضد قوى الاحتكاك كما في حالة دفع ارجوحة الاطفال باستمرار لتزويد النظام بما يحسره من طاقة في كل دورة لاحظ الشكل (12) .



الشكل (13)

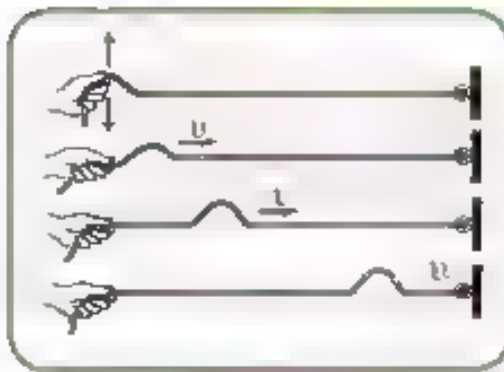
والاهتزاز المصمحل له فوائد عملية تطبيقية ايضا فهي منظومة امتصاص الصدمات في السيارة ، **suspension** ، تقوم ماصات الصدمات (البلاستيك) بتخميد الاهتزازات الناتجة عن مرور السيارة على مطبات الطريق لاحظ الشكل (13) .



الشكل 14

لو تأملت ما حولك لوجدت للكثير من الطواهر الموجية التي تشاهدها يوميا مثل .
اصطراب سطح الماء الماكن عند الغاء حجر فيه وتكون الموجات الناقلة للطاقة على شكل دوائر متحدة المركز من نقطة سقوط الحجر إلى الأضراف وكذلك حركة الموجات الزلزالية في القشرة الأرضية ناقلة الطاقة على سطح الأرض وكذلك انتشار صوت اوتار الآلات الموسيقية المهتزة في الهواء عبر اهتزازات جزيئات الهواء . وتعد الموجات وسائل لنقل الطاقة بشكلها كفة لاحظ الشكل (14) .

ملمحة الموجية هي اضطراب ينتج عن مصدر طاقة وسيدا در استنا للموجات بمناقشة نوع يمكن دراكه وهو الموجة المتولدة في وتر مشدود



الشكل (15)

لو ثبتت بهية وتر يشكل محكم وحركت طرفه الاخر بيدك بسرعة كبيرة إلى الأعلى أو للأسفل سيتولد اضطراب يسمى نبضة **pulse** وتنقل هذه النبضة إلى اجزاء الوتر جميعها ناقلة معها الطاقة وكامنة وحركية) من غير ان تنقل جزيئات الوتر معه . لاحظ الشكل (15) ان النبضة تنقل خلال الوتر بسرعة (\vec{v}) قاطعة لإراحة (\vec{x}) وعندها يهتز الوتر فان كل جسيم فيه يهتز بحركة توافقية بسيطة إلى

أعلى وأسفل وسمى أقصى إزاحة للجزيئات عن مواضع استقرارها بالسعة **وسعة النبضة** وتنقل النبضة خلال الوتر بانطلاق u يطلق عليه انطلاق النبضة لذا فان الموجة المتولدة في الوتر هي سلسلة من النبضات .

بعمد انطلاق الموجة في الوتر على قوة الشد في الوتر (T) وكتلة وحدة الطول من الوتر (μ) الكثافة الطولية μ .

حيث μ

$$\mu = \frac{m}{L} \text{ (kg/m)}$$

$$\text{Wave speed} = \sqrt{\frac{\text{Tension in the string}}{\text{Linear mass density}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{T}{m/L}}$$

حيث T : توتر قوة الشد في الخيط

μ : توتر كثافة وحدة الطول وتقيس بوحدة $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$

ويكون المحدد من كل قسمين متناسبين أو عكسين متناسلين تساوي طول موجة كاملة λ ، أو $\frac{\lambda}{2}$ ، أو $\frac{\lambda}{4}$ ، أو $\frac{\lambda}{8}$ ، أو $\frac{\lambda}{16}$ ، أو $\frac{\lambda}{32}$ ، أو $\frac{\lambda}{64}$ ، أو $\frac{\lambda}{128}$ ، أو $\frac{\lambda}{256}$ ، أو $\frac{\lambda}{512}$ ، أو $\frac{\lambda}{1024}$ ، أو $\frac{\lambda}{2048}$ ، أو $\frac{\lambda}{4096}$ ، أو $\frac{\lambda}{8192}$ ، أو $\frac{\lambda}{16384}$ ، أو $\frac{\lambda}{32768}$ ، أو $\frac{\lambda}{65536}$ ، أو $\frac{\lambda}{131072}$ ، أو $\frac{\lambda}{262144}$ ، أو $\frac{\lambda}{524288}$ ، أو $\frac{\lambda}{1048576}$ ، أو $\frac{\lambda}{2097152}$ ، أو $\frac{\lambda}{4194304}$ ، أو $\frac{\lambda}{8388608}$ ، أو $\frac{\lambda}{16777216}$ ، أو $\frac{\lambda}{33554432}$ ، أو $\frac{\lambda}{67108864}$ ، أو $\frac{\lambda}{134217728}$ ، أو $\frac{\lambda}{268435456}$ ، أو $\frac{\lambda}{536870912}$ ، أو $\frac{\lambda}{1073741824}$ ، أو $\frac{\lambda}{2147483648}$ ، أو $\frac{\lambda}{4294967296}$ ، أو $\frac{\lambda}{8589934592}$ ، أو $\frac{\lambda}{17179869184}$ ، أو $\frac{\lambda}{34359738368}$ ، أو $\frac{\lambda}{68719476736}$ ، أو $\frac{\lambda}{137438953472}$ ، أو $\frac{\lambda}{274877906944}$ ، أو $\frac{\lambda}{549755813888}$ ، أو $\frac{\lambda}{1099511627776}$ ، أو $\frac{\lambda}{2199023255552}$ ، أو $\frac{\lambda}{4398046511104}$ ، أو $\frac{\lambda}{8796093022208}$ ، أو $\frac{\lambda}{17592186044416}$ ، أو $\frac{\lambda}{35184372088832}$ ، أو $\frac{\lambda}{70368744177664}$ ، أو $\frac{\lambda}{140737488355328}$ ، أو $\frac{\lambda}{281474976710656}$ ، أو $\frac{\lambda}{562949953421312}$ ، أو $\frac{\lambda}{1125899906842624}$ ، أو $\frac{\lambda}{2251799813685248}$ ، أو $\frac{\lambda}{4503599627370496}$ ، أو $\frac{\lambda}{9007199254740992}$ ، أو $\frac{\lambda}{18014398509481984}$ ، أو $\frac{\lambda}{36028797018963968}$ ، أو $\frac{\lambda}{72057594037927936}$ ، أو $\frac{\lambda}{144115188075855872}$ ، أو $\frac{\lambda}{288230376151711744}$ ، أو $\frac{\lambda}{576460752303423488}$ ، أو $\frac{\lambda}{1152921504606846976}$ ، أو $\frac{\lambda}{2305843009213693952}$ ، أو $\frac{\lambda}{4611686018427387904}$ ، أو $\frac{\lambda}{9223372036854775808}$ ، أو $\frac{\lambda}{18446744073709551616}$ ، أو $\frac{\lambda}{36893488147419103232}$ ، أو $\frac{\lambda}{73786976294838206464}$ ، أو $\frac{\lambda}{147573952589676412928}$ ، أو $\frac{\lambda}{295147905179352825856}$ ، أو $\frac{\lambda}{590295810358705651712}$ ، أو $\frac{\lambda}{1180591620717411303424}$ ، أو $\frac{\lambda}{2361183241434822606848}$ ، أو $\frac{\lambda}{4722366482869645213696}$ ، أو $\frac{\lambda}{9444732965739290427392}$ ، أو $\frac{\lambda}{18889465931478580854784}$ ، أو $\frac{\lambda}{37778931862957161709568}$ ، أو $\frac{\lambda}{75557863725914323419136}$ ، أو $\frac{\lambda}{151115727451828646838272}$ ، أو $\frac{\lambda}{302231454903657293676544}$ ، أو $\frac{\lambda}{604462909807314587353088}$ ، أو $\frac{\lambda}{1208925819614629174706176}$ ، أو $\frac{\lambda}{2417851639229258349412352}$ ، أو $\frac{\lambda}{4835703278458516698824704}$ ، أو $\frac{\lambda}{9671406556917033397649408}$ ، أو $\frac{\lambda}{19342813113834066795298816}$ ، أو $\frac{\lambda}{38685626227668133590597632}$ ، أو $\frac{\lambda}{77371252455336267181195264}$ ، أو $\frac{\lambda}{154742504910672534362390528}$ ، أو $\frac{\lambda}{309485009821345068724781056}$ ، أو $\frac{\lambda}{618970019642690137449562112}$ ، أو $\frac{\lambda}{1237940039285380274899124224}$ ، أو $\frac{\lambda}{2475880078570760549798248448}$ ، أو $\frac{\lambda}{4951760157141521099596496896}$ ، أو $\frac{\lambda}{9903520314283042199192993792}$ ، أو $\frac{\lambda}{19807040628566084398385987584}$ ، أو $\frac{\lambda}{39614081257132168796771975168}$ ، أو $\frac{\lambda}{79228162514264337593543950336}$ ، أو $\frac{\lambda}{158456325028528675187087900672}$ ، أو $\frac{\lambda}{316912650057057350374175801344}$ ، أو $\frac{\lambda}{633825300114114700748351602688}$ ، أو $\frac{\lambda}{1267650600228229401496703205376}$ ، أو $\frac{\lambda}{2535301200456458802993406410752}$ ، أو $\frac{\lambda}{5070602400912917605986812821504}$ ، أو $\frac{\lambda}{10141204801825835211973625643008}$ ، أو $\frac{\lambda}{20282409603651670423947251286016}$ ، أو $\frac{\lambda}{40564819207303340847894502572032}$ ، أو $\frac{\lambda}{81129638414606681695789005144064}$ ، أو $\frac{\lambda}{162259276829213363391578010288128}$ ، أو $\frac{\lambda}{324518553658426726783156020576256}$ ، أو $\frac{\lambda}{649037107316853453566312041152512}$ ، أو $\frac{\lambda}{1298074214633706907132624082305024}$ ، أو $\frac{\lambda}{2596148429267413814265248164610048}$ ، أو $\frac{\lambda}{5192296858534827628530496329220096}$ ، أو $\frac{\lambda}{10384593717069655257060992658440192}$ ، أو $\frac{\lambda}{20769187434139310514121985316880384}$ ، أو $\frac{\lambda}{41538374868278621028243970633760768}$ ، أو $\frac{\lambda}{83076749736557242056487941267521536}$ ، أو $\frac{\lambda}{166153499473114484112975882535043072}$ ، أو $\frac{\lambda}{332306998946228968225951765070086144}$ ، أو $\frac{\lambda}{664613997892457936451903530140172288}$ ، أو $\frac{\lambda}{1329227995784915872903807060280344576}$ ، أو $\frac{\lambda}{2658455991569831745807614120560689152}$ ، أو $\frac{\lambda}{5316911983139663491615228241121378304}$ ، أو $\frac{\lambda}{10633823966279326983230456482242756608}$ ، أو $\frac{\lambda}{21267647932558653966460912964485513216}$ ، أو $\frac{\lambda}{42535295865117307932921825928971026432}$ ، أو $\frac{\lambda}{85070591730234615865843651857942052864}$ ، أو $\frac{\lambda}{170141183460469231731687303715884105728}$ ، أو $\frac{\lambda}{340282366920938463463374607431768211456}$ ، أو $\frac{\lambda}{680564733841876926926749214863536422912}$ ، أو $\frac{\lambda}{1361129467683753853853498429727072845824}$ ، أو $\frac{\lambda}{2722258935367507707706996859454145691648}$ ، أو $\frac{\lambda}{5444517870735015415413993718908291383296}$ ، أو $\frac{\lambda}{10889035741470030830827987437816582766592}$ ، أو $\frac{\lambda}{21778071482940061661655974875633165533184}$ ، أو $\frac{\lambda}{43556142965880123323311949751266331066368}$ ، أو $\frac{\lambda}{87112285931760246646623899502532662132736}$ ، أو $\frac{\lambda}{174224571863520493293247799005065324265472}$ ، أو $\frac{\lambda}{348449143727040986586495598010130648530944}$ ، أو $\frac{\lambda}{696898287454081973172991196020261297061888}$ ، أو $\frac{\lambda}{1393796574908163946345982392040522594123776}$ ، أو $\frac{\lambda}{2787593149816327892691964784081045188247552}$ ، أو $\frac{\lambda}{5575186299632655785383929568162090376495104}$ ، أو $\frac{\lambda}{11150372599265311570767859136324180752990208}$ ، أو $\frac{\lambda}{22300745198530623141535718272648361505980416}$ ، أو $\frac{\lambda}{44601490397061246283071436545296723011960832}$ ، أو $\frac{\lambda}{89202980794122492566142873090593446023921664}$ ، أو $\frac{\lambda}{178405961588244985132285746181186892047843328}$ ، أو $\frac{\lambda}{356811923176489970264571492362373784095686656}$ ، أو $\frac{\lambda}{713623846352979940529142984724747568191373312}$ ، أو $\frac{\lambda}{1427247692705959881058285969449495136382746624}$ ، أو $\frac{\lambda}{2854495385411919762116571938898990272765493248}$ ، أو $\frac{\lambda}{5708990770823839524233143877797980545530986496}$ ، أو $\frac{\lambda}{11417981541647679048466287755595961091061972992}$ ، أو $\frac{\lambda}{22835963083295358096932575511191922182123945984}$ ، أو $\frac{\lambda}{45671926166590716193865151022383844364247891968}$ ، أو $\frac{\lambda}{91343852333181432387730302044767688728495783936}$ ، أو $\frac{\lambda}{182687704666362864775460604089535377456991567872}$ ، أو $\frac{\lambda}{365375409332725729550921208179070754913983135744}$ ، أو $\frac{\lambda}{730750818665451459101842416358141509827966271488}$ ، أو $\frac{\lambda}{1461501637330902918203684832716283019655932542976}$ ، أو $\frac{\lambda}{2923003274661805836407369665432566039311865085952}$ ، أو $\frac{\lambda}{5846006549323611672814739330865132078623730171904}$ ، أو $\frac{\lambda}{11692013098647223345629478661730264157247460343808}$ ، أو $\frac{\lambda}{23384026197294446691258957323460528314494920687616}$ ، أو $\frac{\lambda}{46768052394588893382517914646921056628989841375232}$ ، أو $\frac{\lambda}{93536104789177786765035829293842113257979682750464}$ ، أو $\frac{\lambda}{187072209578355573530071658587684226515959365500928}$ ، أو $\frac{\lambda}{374144419156711147060143317175368453031918731001856}$ ، أو $\frac{\lambda}{748288838313422294120286634350736906063837462003712}$ ، أو $\frac{\lambda}{1496577676626844588240573268701473812127674924007424}$ ، أو $\frac{\lambda}{2993155353253689176481146537402947624255349848014848}$ ، أو $\frac{\lambda}{5986310706507378352962293074805895248510699696029696}$ ، أو $\frac{\lambda}{11972621413014756705924586149611790497021399392059392}$ ، أو $\frac{\lambda}{23945242826029513411849172299223580994042798784118784}$ ، أو $\frac{\lambda}{47890485652059026823698344598447161988085597568237568}$ ، أو $\frac{\lambda}{95780971304118053647396689196894323976171195136475136}$ ، أو $\frac{\lambda}{191561942608236107294793378393788647952342390272950272}$ ، أو $\frac{\lambda}{383123885216472214589586756787577295904684780545900544}$ ، أو $\frac{\lambda}{766247770432944429179173513575154591809369561091801088}$ ، أو $\frac{\lambda}{1532495540865888858358347027150309183618739122183602176}$ ، أو $\frac{\lambda}{3064991081731777716716694054300618367237478244367204352}$ ، أو $\frac{\lambda}{6129982163463555433433388108601236734474956488734408704}$ ، أو $\frac{\lambda}{12259964326927110866866776217202473468949912977468817408}$ ، أو $\frac{\lambda}{24519928653854221733733552434404946937899825954937634816}$ ، أو $\frac{\lambda}{49039857307708443467467104868809893875799651909875269632}$ ، أو $\frac{\lambda}{98079714615416886934934209737619787751599303819750539264}$ ، أو $\frac{\lambda}{196159429230833773869868419475239575503198607639501078528}$ ، أو $\frac{\lambda}{392318858461667547739736838950479151006397215279002157056}$ ، أو $\frac{\lambda}{784637716923335095479473677900958302012794430558004314112}$ ، أو $\frac{\lambda}{1569275433846670190958947355801916604025588861116008628224}$ ، أو $\frac{\lambda}{3138550867693340381917894711603833208051177722232017256448}$ ، أو $\frac{\lambda}{6277101735386680763835789423207666416102355444464034512896}$ ، أو $\frac{\lambda}{12554203470773361527671578846415332832204710888928069025792}$ ، أو $\frac{\lambda}{25108406941546723055343157692830665664409421777856138051584}$ ، أو $\frac{\lambda}{50216813883093446110686315385661331328818843555712276103168}$ ، أو $\frac{\lambda}{100433627766186892221372630771322662657637687111424552206336}$ ، أو $\frac{\lambda}{200867255532373784442745261542645325315275374222849104412672}$ ، أو $\frac{\lambda}{401734511064747568885490523085290650630550748445698208825344}$ ، أو $\frac{\lambda}{803469022129495137770981046170581301261101496891396417650688}$ ، أو $\frac{\lambda}{1606938044258990275541962092341162602522202993782792835301376}$ ، أو $\frac{\lambda}{3213876088517980551083924184682325205044405987565585670602752}$ ، أو $\frac{\lambda}{6427752177035961102167848369364650410088811975131171341205504}$ ، أو $\frac{\lambda}{12855504354071922204335696738729300820177623950262342682411008}$ ، أو $\frac{\lambda}{25711008708143844408671393477458601640355247900524685364822016}$ ، أو $\frac{\lambda}{51422017416287688817342786954917203280710495801049370729644032}$ ، أو $\frac{\lambda}{102844034832575377634685573909834406561420991602098741459288064}$ ، أو $\frac{\lambda}{205688069665150755269371147819668813122841983204197482918576128}$ ، أو $\frac{\lambda}{411376139330301510538742295639337626245683966408394965837152256}$ ، أو $\frac{\lambda}{822752278660603021077484591278675252491367932816789931674304512}$ ، أو $\frac{\lambda}{1645504557321206042154969182557350504982735865633579863348609024}$ ، أو $\frac{\lambda}{3291009114642412084309938365114701009965471731267159726697218048}$ ، أو $\frac{\lambda}{6582018229284824168619876730229402019930943462534319453394436096}$ ، أو $\frac{\lambda}{13164036458569648337239753460458804039861886925068638906788872192}$ ، أو $\frac{\lambda}{26328072917139296674479506920917608079723773850137277813577744384}$ ، أو $\frac{\lambda}{52656145834278593348959013841835216159447547700274555627155488768}$ ، أو $\frac{\lambda}{105312291668557186697918027683670432318895095400549111254310977536}$ ، أو $\frac{\lambda}{210624583337114373395836055367340864637790190801098222508621955072}$ ، أو $\frac{\lambda}{421249166674228746791672110734681729275580381602196445017243910144}$ ، أو $\frac{\lambda}{842498333348457493583344221469363458551160763204392890034487820288}$ ، أو $\frac{\lambda}{1684996666696914987166688442938726917102321526408785780068975640576}$ ، أو $\frac{\lambda}{3369993333393829974333376885877453834204643052817571560137951281152}$ ، أو $\frac{\lambda}{6739986666787659948666753771754907668409286105635143120275902562304}$ ، أو $\frac{\lambda}{13479973333575319897333507543509815336818572211270286240551805124608}$ ، أو $\frac{\lambda}{26959946667150639794667015087019630673637144422540572481103610249216}$ ، أو $\frac{\lambda}{53919893334301279589334030174039261347274288845081144962207220498432}$ ، أو $\frac{\lambda}{107839786668602559178668060348078522694548577690162289924414440996864}$ ، أو $\frac{\lambda}{215679573337205118357336120696157045389097155380324579848828881993728}$ ، أو $\frac{\lambda}{431359146674410236714672241392314090778194310760649159697657763987456}$ ، أو $\frac{\lambda}{862718293348820473429344482784628181556388621521298319395315527974912}$ ، أو $\frac{\lambda}{1725436586697640946858688965569256363112777243042596638790631055949824}$ ، أو $\frac{\lambda}{3450873173395281893717377931138512726225554486085193277581262111899648}$ ، أو $\frac{\lambda}{6901746346790563787434755862277025452451108972170386555162524223799296}$ ، أو $\frac{\lambda}{13803492693581127574869511724554050904902217944340773110325048447598592}$ ، أو $\frac{\lambda}{27606985387162255149739023449108101809804435888681546220650096895197184}$ ، أو $\frac{\lambda}{55213970774324510299478046898216203619608871777363092441300193790394368}$ ، أو $\frac{\lambda}{110427941548649020598956093796432407239217743554726184882600387580788736}$ ، أو $\frac{\lambda}{220855883097298041197912187592864814478435487109452369765200775161577472}$ ، أو $\frac{\lambda}{441711766194596082395824375185729628956870974218904739530401550323154944}$ ، أو $\frac{\lambda}{883423532389192164791648750371459257913741948437809479060803100646309888}$ ، أو $\frac{\lambda}{1766847064778384329583297500742918515827483896875618958121606201292619776}$ ، أو $\frac{\lambda}{3533694129556768659166595001485837031654967793751237916243212402585239552}$ ، أو $\frac{\lambda}{7067388259113537318333190002971674063309935587502475832486424805170479104}$ ، أو $\frac{\lambda}{14134776518227074636666380005943$

وتر جيتار كتلته 20g وطوله 60cm ما مقدار قوة الشد اللازمة في الوتر لكي تكون سرعة للموجة فيه 30m/s ؟

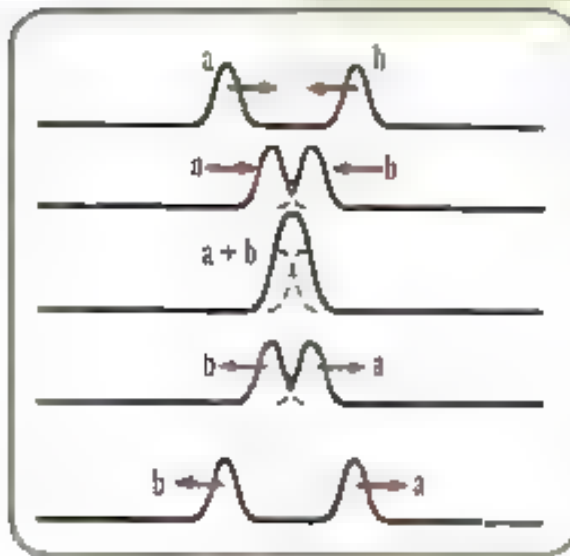
الحل

$$v = \sqrt{\frac{T}{m/L}}$$

$$T = \frac{mv^2}{L} \Rightarrow = \frac{20}{1000} \times \frac{(30)^2}{60} = \frac{0.02 \times 900}{100} = 0.18$$

$$T = 30N$$

الشد في الوتر



الشكل (17)

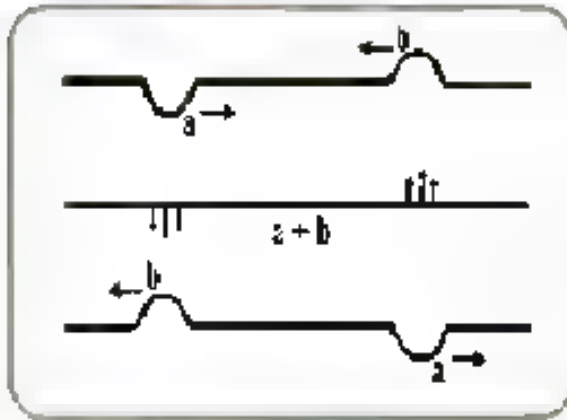
معظم الحركات الموجية التي نسمعها أو نراها أو نحس بها في حياتنا تحتوي على عدد كبير من الموجات مثل ضوء الشمس الذي يتكون من ألوان الطيف السبعة والأصوات التي نسمعها التي يمكن أن تنتشر بطريقة مستقلة قد تلتقي وتعطي حركة موجية واحدة تسمى هذه الظاهرة ببداً تراكب الموجات ويمكن توصيح مبدأ التراكب كالآتي .
عندما تتحرك نصين خلال نقطة في وتر وفي الوقت نفسه ستكون أوضاعهما المحصلة في نقطة الالتقاء تساوي المجموع الاتجاهي لأرحتي

النصين الناتجة كل على انفراد في الوتر نفسه فلو فرضنا انقال نصين في وتر تتحركان باتجاهين متعاكسين فبعد التقاء هاتين النصتين يحصل على نبضة محصلة، ومن ثم تظهر النصت مره اخرى بعد موقع الالتقاء وتسنمر في مسارها الأصلي بعض النظر عن وجود النبضة الاخرى

لاحظ الشكل (17) هذا السلوك للنصات عند التقائهما يسمى ببداً التراكب Principle of Superposition

perposition

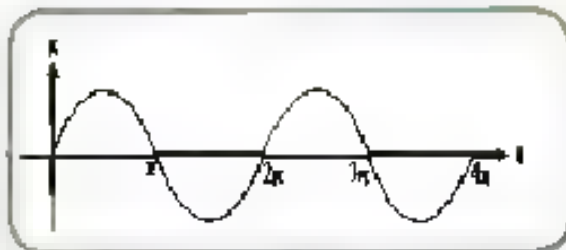
و عندما يتكفل بصحن يتجاويز معاكس و السعة عكس ، يبينهم فرق بالصور 180° ، فحسب



شكل 18

عدد المراكب تكون محصلة لإحداثيات في نقطة الالتقاء مساوية إلى الصفر ومن ثم يعود البصير في مسارها الأصلي بعد نقطة الالتقاء
لاحظ شكل 18

الموجات الدورية



شكل 19

الموجات الدورية هي موجات تعيد نفسها بفترة زمنية منتظمة وكل موجات التردد الدورية لها شكل لموجة الجيب (sin wave-forms) أي يمكن تمثيلها بصي

والجيب sine curve أو صي (جيب تمام) cosine curve مثل موجات الماء وموجات الضوء وللمعرفة الموجات الدورية لاحظ الشكل (19)

ما من جسم الملاء المتحركة في الوسط المهتز تحركه هو اهتاف عظمه باتجاه عمودي على اتجاه للموجه والتي لها شكل الموجة الجيبية ويمكن ان توصف للموجات الدورية بثلاث كميات هي انطلاق الموجة v ، وطولها الموجي λ والتردد f والتي ترتبط مع بعضها بالعلاقة التالية

$$\text{wave speed} = \text{frequency} \times \text{wave length}$$

$$v = f \lambda$$

رادار يرسر موجات الراديوية بتردد 0.08 و 9400MHz ان علم

ان سرعة الموجات الراديوية $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

الطول الموجي a عدد الموجات b

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{9.4 \times 10^9 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = 3.19 \times 10^{-2} \text{ m} = 3.19 \text{ cm}$$

$$n = ft = (9.4 \times 10^9 \text{ Hz})(8 \times 10^{-2} \text{ s}) = 752 \times 10^7 \quad \text{عدد الموجات}$$

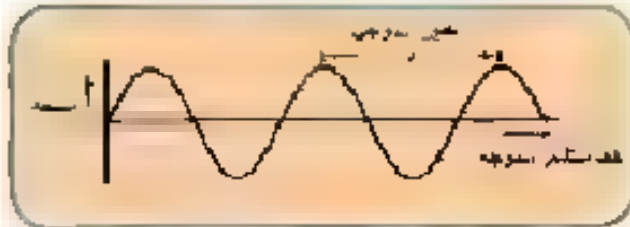
سبق وان تعرفت في دراستك السابقة على انواع الموجات و تعرف ان الموجات على نوعين

1. الموجات المستعرضة (transverse waves)



الشكل (20)

كم في الموجات الحاصلة في السبر الممتد من طرف واحد والناقص المظلم والتي يهتز فيه جسيمات الوسط بارتفاع عمودي على خط انتشار الموجة ، لاحظ الشكل (20) ،

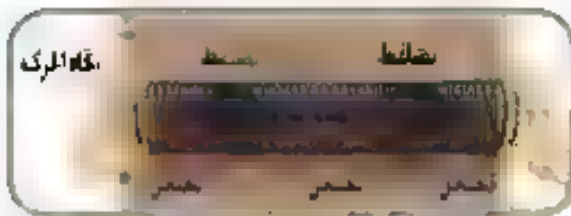


الشكل (21)

ويمكن تمثيل الموجة المستعرضة بمحتوى sine , cosine حيث يمثل المحور x به اصبع الاسف و جسيمات الوسط المهتز يعمل المحور y في اتجاه الجسيمات عن موضع استقرارها لاحظ الشكل (21) ،

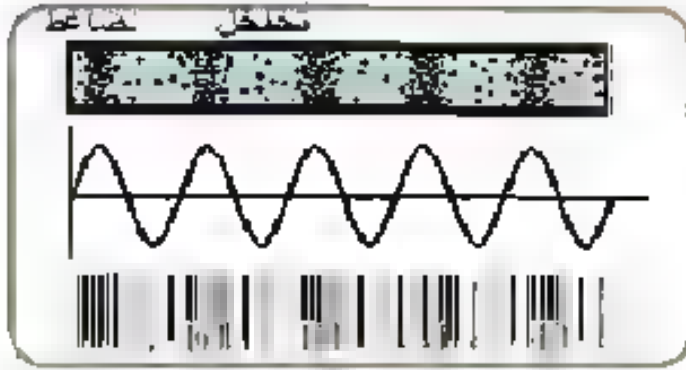
الموجات الميكانيكية المستعرضة يمكنها الانتشار فقط في الاوساط المرنة التي تتوافر بين جسيماتها قوى تماسك كافية مثل الاحسام الصلبة ومسطوح الحرة نسو اس ، لا يمكن الحسيم المهتز من تحريك الجسيمات المحصورة له عموديا على اتجاه انتشار الموجة والموجات المستعرضة التي لا تنتشر في وسط مادي لانقالها هي الموجات الكهرومغناطيسية

2. الموجات الطولية (longitudinal wave)



الشكل (22)

والتي تهتز فيها جسيمات الوسط موازاً لخط انتشار الموجة وكما في الشكل (22) كم في الموجة الحاصلة في نابض مطرب والموجات الصوتية لا يتراهز في شوكه وارتفاع في الهواء بولد سلسلة من التضاغطات والتخللات مرصاً مع الزمن منتشرة في الهواء



الشكل (23)

و يمكن تمثيل الموجة للظواهر والاسم لها
بخطوط مستقيمة متتالية تمثل مناطق
الضغط والحرارة من جهة تمثل مناطق
الضغط أو أنها تمثل بوابت بمضي
الجيب **sine curve** و يسمى بمضي
الضغط و التحلل فموجة الطولية
لاحظ شكل (23)

انطلاق الموجة يمثل المسافة التي يتعدتها فيها قمة
الموجة في فترة زمنية مركز ضغطها أو مركز ضغطها في الموجة في الثانية الواحدة
و يتوقف على

$$1 \text{ : } \lambda \text{ : } \text{طول موجة} \quad 2 \text{ : } \nu \text{ : } \text{تكرار الموجة}$$

في انطلاق الموجة الطولية في الاوساط المختلفة يتوقف على معامل المرونة β والكثافة
الكثافة الوسط ρ في ν

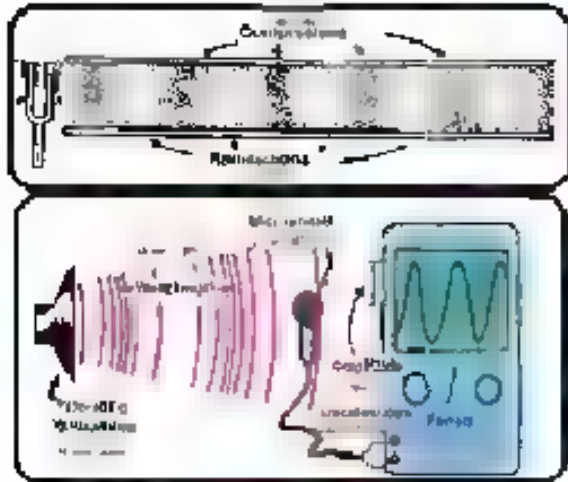
$$v = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$$



الشكل (24)

تظهر بعض الموجة في الطبيعة مثل
موجات الماء بحدود معين من الموجات
موجات طولية وموجات مسطحة
مثل موجات الماء لاحظ الشكل (24)
فصلها تنقسم الموجات المائية على سطح
ماء عميق تتحرك الجزيئات للموجودة

على السطح بمسار دائري ، ف (أ) الحركات المستعرضة عبارة عن تغير في الوضع العمودي
لجزيئات الماء ، و (ب) الحركات الطولية بحركتها عندما تمر الموجة على سطح الماء تتحرك
جزيئات الماء عند العمق باتجاه حركة الموجة بينما تتحرك الجزيئات عند السطح باتجاه
الحركة بحيث أن الجزيء الموجود على القمة سوف يكون على قعر بعد نصف دورة لذلك
سوف يتأخر حر كته باتجاه حركة الموجة نتيجة لحركته في الاتجاه العكسي ويطبق هذا على
جميع الجزيئات المستوية بواسطة الموجة وذلك تنتشر الموجات على سطح الماء كما في
الموجات الثلاثية الأبعاد الناتجة عن الزلازل تحت سطح الكرة الأرضية مكونة من حركات في
الموجة والموجات المستعرضة والموجة الطولية



شكل 25

شكل 26

من هذه الصور من قبل الأوساط المختلفة

$v \text{ (m/s)}$

السرعة

| | |
|------|----------------------|
| 1280 | الهيدروجين في الهواء |
| 972 | الهيدروجين في الماء |
| 513 | الهيدروجين في الزجاج |
| 111 | الهيدروجين في الحديد |
| 327 | الهيدروجين في النحاس |

سرعة الصوت في الهواء

| | |
|------|-----------|
| 1533 | في الماء |
| 1498 | في الزجاج |
| 1150 | في الحديد |
| 1324 | في النحاس |
| 1113 | في الحديد |
| 926 | في النحاس |

السرعة

| | |
|-------|--------|
| 12000 | النحاس |
| 3040 | الحديد |
| 5130 | الزجاج |
| 3100 | الحديد |
| 4500 | النحاس |
| 3500 | الحديد |
| 1322 | النحاس |
| 1600 | النحاس |

وكما مر في تعريف الطالب عزيز في طقسه في المرحلة السابقة من دراستك عن طبيعة الصوت ان الصوت شكل من أشكال الطاقة ينقل من نقطة إلى أخرى كموح طولي في الأوساط المادية والتي تصل إلى وبتحسب بها ، ونولي الصوت سطح وجود مصدر مهي في وسط مادي ينقل الاهتزازة يكون غازاً أو سائلاً أو جسماً صلباً والموجات الصوتية لا يمكن الانتقال خلال الفراغ وبين الشكل 25 مصدرين يرسلان موجات صوتية في الهواء

ر تردد الموجات الصم فيه التي بفحسبها لاس
الترددية بين 20 Hz و 20000 Hz

الموجات الصوتية المسموعة بالصوت المسموع
عن جهاز ر عتد مودة الصوت Loud speaker
بحول الجهد الكهربائي المتغير إلى تذبذب صوتية
يسبب تغيرات في ضغط الهواء المتداول بالعبء

فهذه جزيئات الهواء حول موضع مستقر في الهواء
ان الضغط غير متقطع فان جزيئات الهواء
قوة عجيبة لتغير ضغط الهواء ويكرر انحاء القوة ذات
معبداً عن مناطق التضامط وانحاء مناطق التضامط
فجزيئات الهواء تتحرك يساراً او يميناً يانحاه مناطق
الضغط وبعداً عن مناطق التضامط وانطوائ
الصوت يعتمد على طبيعة الوسط الذي ينتقل فيه
فانطلاقة في الأجواء أكثر من انطلاقة في السوائل
وانطلاقة في السوائل أكثر من انطلاقة في الغازات
وستطبع ر ملاحظ من الجدول 1 ان سرعة الصوت
للصوت في الأوساط المختلفة .

يعتمد انطلاق الصوت في الاجسام الصلبة على مرونة الوسط وعلى كثافته فانطلاق الصوت في درجة 0°C وصعظ 1atm في الألمنيوم مقداره 5100m/s . بينما انطلاق الصوت في الهواء في الدرجة نفسها مقداره 331m/s .

وعلى هذا الاساس يمكن صياغة انطلاق الصوت بالعلاقة الآتية :

$$v_s = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

بذات.

v_s تمثل انطلاق الصوت .

Y تمثل معامل يونك .

ρ تمثل كثافة الوسط

إذا طرق احد طرفي ساق من الألمنيوم بواسطة مطرقة وانتشرت عبر الساق موجة طولية احسب انطلاق الصوت في ساق الألمنيوم علماً ان معامل يونك للألمنيوم يساوي $7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ ، وان كثافة الألمنيوم $2.70 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

$$v_s = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} = \sqrt{\frac{7 \times 10^{10} \text{N/m}^2}{2.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3}}$$

الحل

انطلاق الصوت في الألمنيوم $= 5091 \text{m/s}$

وهذه النتيجة اكبر بكثير من مقدار سرعة الصوت في العارات وكما مبين في الجدول (1) ذلك ان جزيئات المواد الصلبة مرتبطة ببعضها بطريقة أكثر تماسكاً فتكون الاستجابة للاضطراب أكثر سرعة .

وانطلاق الصوت في العارات يتوقف على نوع العار ودرجة حرارته فبعد ارتفاع درجة الحرارة درجة سيبرية واحدة يزداد انطلاق الصوت في الهواء بمقدار 0.6m/s فانطلاق الصوت في الهواء عند درجة حرارة T :-

$$v = 331 + 0.6T$$

يرداد انطلاق الصوت بزيادة الرطوبة في الجو لان كثافة الهواء الرطب اقل من كثافة الهواء الجاف وانطلاق الصوت في السوائل يعطى بالعلاقة

$$v_s = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} \quad \text{حيث ان } \beta \text{ تمثل معامل مرونة السائل وتقاس بـ } \text{N/m}^2$$

نصب خلاق الصوت في الماء الذي معامل مرونته $2.1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

وكثافته $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

الحل/

$$v_s = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{2.1 \times 10^9 \text{ N/m}^2}{1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}} = 1449 \text{ m/s} \quad \text{انطلاق الصوت في الماء}$$

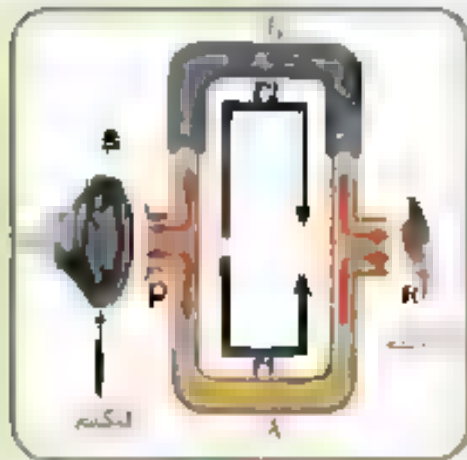
الانطلاق الصوت في الماء

لذلك احسب انه يمكنك سماع صوت شخص يوصح على الزعم من ان صوته يقطع مع اصوات اخرى التي هي ساعته ماذا يحدث حين تنفي مخرج او اكثر في الوسط نفسه ؟ وما التأثير الذي سيجتثه هذا الانكفاء ؟ هذه الاسئلة وغيرها يمكن الاجابه عنها بعد اجراء النشاط الانسي

بيج صهرة التسلح في صورة

نواب نشاط

14.83



شكل (26)

أنوبة كوكبك و بتركب من أنوبة معينة في ذات من حين تحوي على قضبان جاذبين R, P وتعرف هذه الأنبوبة داخل أنوبة اخرى B يستعمل الأنبوبة B لتغيير طول المسار PBR لاحظ لشكل (26)

حساب المسار

- هزق شوكة رمانة او اي مصدر صوتي اخر عند الفتحة P وسيحدث تصاعط .
- حرك أنوبة B بحيث يصعب المسار PAR PBR مساريين في ان التصاعط سينتشر الفتحة R في اللحظة نفسها ، سميع الصوت عند الفتحة R يوضح .
- سحب أنوبة B تدريجياً الى الخارج فزيد طول المسار PBR عن المسار PAR وباتسفر ان سحب الأنبوب يسمع الصوت عند وضع معين و باتسفر ان المسطح لم يزل سدة الصوت من جديد
- عد مساري طول المسارين PAR, PBR في الموجات يصل من المسارين من الفتحة

P ويكونان متكافئين في الطور فيتفاعل تصاعداً من المسار الأول مع تصاعداً من المسار الثاني و أيضاً يتقابل تداخل من المسار الأول مع تداخل من المسار الثاني فيحدث تقوية للصوت أي تداخل بناء .

- عند تغير طول إحدى الأنبوبين عن طول الأخرى يكون فرق المسار $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ عند تداخل تصاعداً من المسار الأول مع تداخل من المسار الثاني فيحدث تداخل اتلافي يؤدي إلى حدوث بالصوت أدنى أو ل طاقة الموجة الناتجة .

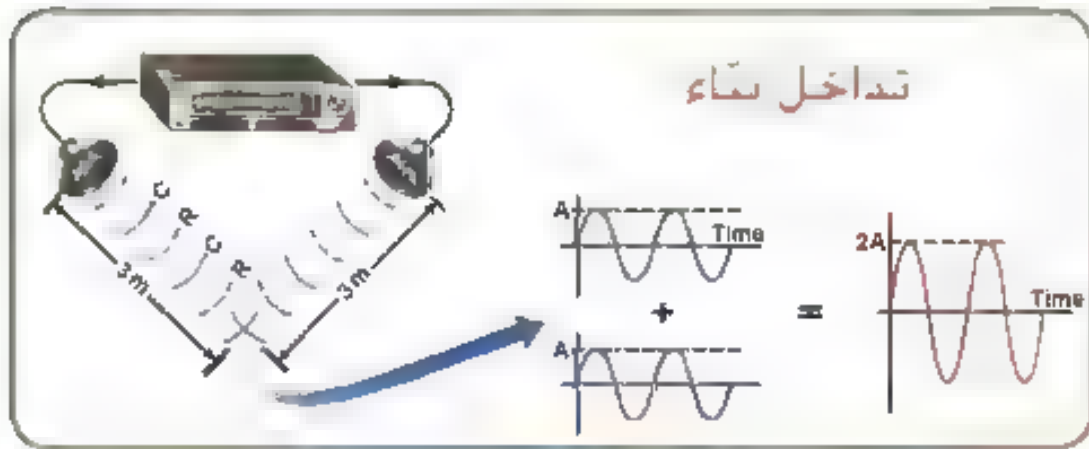
يستنتج أن :

عندما يتداخل موجتان من "نفس المصدر" في نقطة ما ، فـ ، على حد التداخل ، نتج عن تداخل جيل ، صبح و عكس ذلك من ، يكون تداخل البناء "البناء" بعضها والتردد نفسه .

وعند حدوث التقاء الموجات يتشكل نمطان من التداخل هما :

1 constructive interference

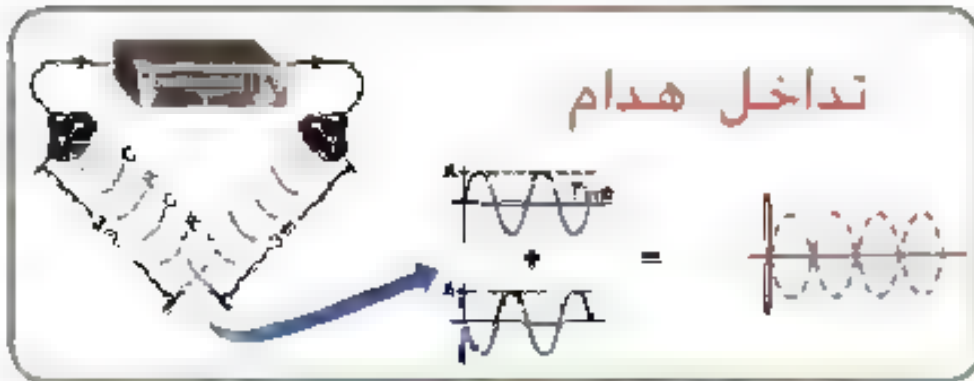
عندما تتداخل الموجات مع بعضها يحدث تقوية في الموجة الناتجة يسمى تداخل بناء عند التقاء قمة الموجة مع قمة موجة أخرى و التقاء فكري الموجتين لاحظ الشكل (27a)



(27a)

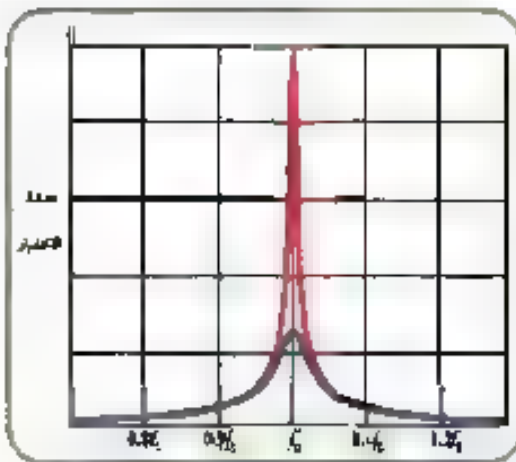
2 Destructive Interference

حيث تلغي الموجات تأثير بعضها على البعض الآخر ، مثل التقاء قمة موجة مع فكري موجة أخرى لاحظ الشكل (27b)



28 —

8-13 الرنين Resonance



28 —

إذا لم يمد قوة خارجية دورية في نظام مهتز و كان تردد القوة المبردة f يساوي التردد الطبيعي للنظام f_0 فإن

$$f = f_0$$

فترداد سعة اهتزاز النظام يساوي التردد عند هذه الحالة في حالة رنين مع النظام والتردد في هذه الحالة يسمى بتردد الرنين ومن النظام عندئذ بمطابقة أقصى صافاة لاحظ الشكل (28)



29 —

وهذه الحالة يمكن ملاحظتها إذا تردد سعة اهتزاز أروحية يد ما يقوم الشخص للوقت جعلها تدفعها بقوة متناهية حركتها عند كل ثانية وبالتالي نفسه لاحظ الشكل (29)



لا تسمح لمجموعة من الجنود السير على جسر - النظام ؟

3-11 التداخل البناء



شكل 30

إذا طرقت شوكتان رنانتان ترددهما مختلف قليلاً لاحظت شكل (30) عند الاستماع صوت منبر اهتداه بصورة دورية وتسمى هذه الظاهرة بالصبر باب، هي التغير الدوري في السمعة عند نقطة نتيجة تراكب موجتين لهما نفس مختلف اختلاف صغير.

إن تردد الصرير f_B يسوي الفرق بين ترددي المصدرين كما نأني

$$f_B = f_1 - f_2$$

يمكن إدراك ظاهرة الصرير بسهولة إذا كان الفرق بين ترددي الموجتين للمدخلين صغيراً لا يتجاوز 10Hz وهذا يوقف على قدره الأذن البشرية على تمييز ذلك وعموماً فإن الأذن البشرية لا يمكنها

أن تميز بين صوتين إذا كان فرق التردد بينهما يزيد عن 7Hz

أما تردد الموجة (فرق التردد) من تردد الموجتين لاحظت شكل (31) وهو يساوي معدل ترددهما أي أن:

$$f = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

أن أن

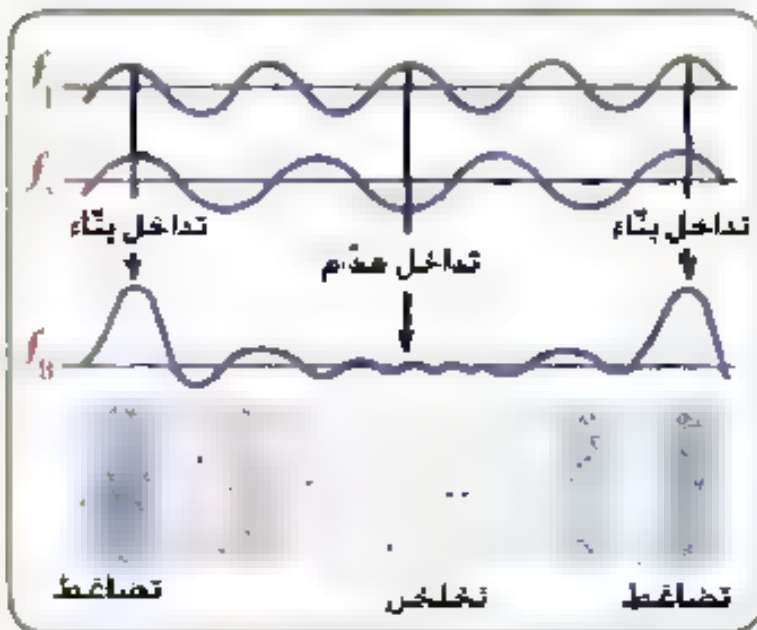
f_1 = تردد الموجة الأولى

f_2 = تردد الموجة الثانية

مستثمر ظاهرة الصرير لتعيين:

• تردد وتر ما في آلة موسيقية.

• تردد مجهول شوكه رنانة بوساطة شوكه رنانة أخرى



شكل 31

يراد تعيين تردد شوكة رنانة طرقت بالقرب من أخرى مهتره بتردد 446Hz
 سمعت منها 7beats , sec كم هو تردد الشوكة المجهولة ؟

$$f_B = f_1 - f_2$$

$$7 = f_1 - 446$$

$$f_1 = 453 \text{ Hz}$$

or:-

$$7 = 446 - f_2$$

$$f_2 = 439 \text{ Hz}$$



الحل /

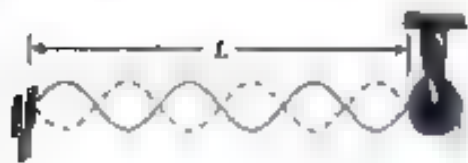
لمعرفة ايهما التردد الصحيح ، ننقل شوكة مجهولة التردد (فيقل تردده) فاد

- 1 قل عدد الصررات في الثانية الواحدة من f_1 هو التردد الصحيح
- 2 ارداد عند الصررات في الثانية الواحدة من f_2 هو التردد الصحيح

كيف يمكنك الحصول على ظاهرة الصررات باستعمال شوكتين
 رناتين متساويتين بالتردد



لعلك تتساءل ماهي طهر الموجات الواقفة ؟ وكيف نحدث ؟ وهل تحدث للموجات جميعها وما
 اهم التطبيقات العملية عليها ؟ هذه الاسئلة وغيرها يمكنك الاجابة عليها بعد اجراء تلك النشاط
 الاتي :



الموجات الواقفة في وتر

أنوات النشاط

شوكة رنانة ، وتر ، ثقل .

خطوات النشاط

- ثبت احد طرفي الوتر باحد طرفي شوكة
- رنانة كما في الشكل (32) .

- اجعل طرف الوتر الاخر يمر على يكرة ويتكلى منه ثقل .

- عند هتزاز الشوكة الرنانة، بعد التحكم بطول الوتر او بغير مقدار الثقل نو كليهما

لجعل الوتر يهتز باعداد صحيحة من انصاف طول الموجة ماذا تلاحظ ؟

سوف تتولد موجات تنعكس عند نهاية الوتر وترتك باتجاه معاكس فتتلقى مع الموجات الساقطة

شكل (32)

مكونه ما يسمى بالموجات الواقفة فيقسم الوتر الى عدة مناطق تتكون من عقد وبطن وتندمج كل من سعة الاهتزاز والطاقة والسرعة لجسيمات الوسط عدد العقد بينما تزداد سعة الاهتزاز والطاقة والسرعة لجسيمات الوسط بين كل عقدتين وتبلغ اكبر سعة عدد منتصف المسافة بين كل عقدتين متتاليتين والتي تسمى بالبطن واماكن هذه البطن والعقد ثابتة لذلك تسمى هذه الموجات بالموجات الواقفة او الساكنة (stationary wave) (standing waves) فالموجات

الواقفة هي تلك الموجات التي تنشأ من تراكب سلسلتين من الموجات المتساوية في التردد والسعة تسيران في اتجاهين متعاكسين وبالاتفاق نفسه في وسط واحد محدود

الشكل (33) يمثل موجات واقفة متولدة في وتر مشدود بين نقطتين . ولإيجاد العلاقة بين طول الوتر المهنتر والطول الموجي للموجة الواقفة لاحظ الشكل (33) .

- ما عدد البطن في كل حالة ؟
- كم تساوي المسافة بين كل عقدتين من الطول الموجي للموجة الواقفة في كل حالة ؟
- ما العلاقة بين طول الموجة وطول الوتر ؟ ووفق إجابتك عن الأسئلة السابقة ، يكون :

$$\text{طول الوتر } (L) = \text{عدد البطن } (n) \times \frac{\lambda}{2}$$

$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \text{حيث أن } n = 1, 2, 3$$

$$\text{ومن العلاقة } v = \lambda f$$

فإن التردد يعطى بالعلاقة الآتية

$$f = \frac{v}{\lambda} = n \cdot \frac{v}{2L} \quad \text{وإذا كانت } n = 1$$

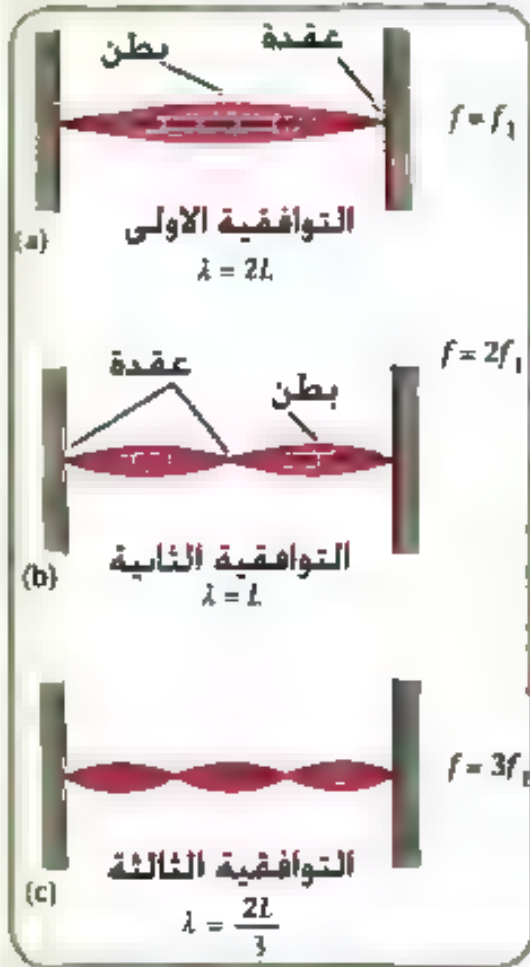
$$\text{فإن } f_1 = \frac{v}{2L} \quad \text{حيث يعرف } f_1 \text{ بالتردد لاهمسي}$$

او النغمة التوافقية الأولى (first harmonic)

وإذا كانت : $n = 2$ فإن f_2 يعرف بتردد النغمة التوافقية الثانية :

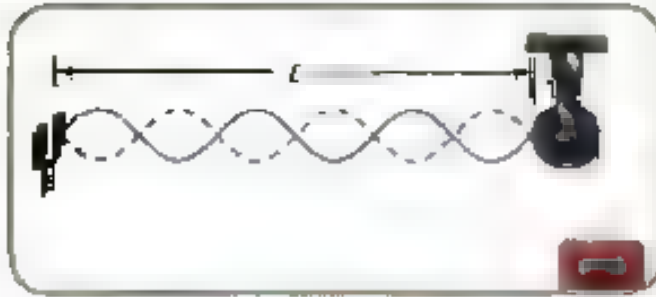
$$f_2 = \frac{v}{L}$$

وهكذا ...



الشكل (33)

في الشكل 34، وتر طوله 42cm يولّد فيه موجة وثيقة تتألف من ستة بطون وبخلاف 84cm. كلا من طوب الموجة وتردداته الذي نقيسه الأولى والثانية ؟



$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

حيث n يمثل عدد البطون

$$0.42 = 6 \cdot \left(\frac{\lambda}{2} \right)$$

$$\lambda = \frac{0.42}{3} = 0.14m$$

$$f = n \cdot \frac{v}{2L}$$

$$f_1 = \frac{1 \times 84}{2 \times 0.42} = 100Hz$$

$$f_2 = \frac{2 \times 84}{2 \times 0.42} = 200Hz$$

$$f_2 = 2f_1$$

تختلف الأصوات بعضها عن بعض بخصائص أساسية ثلاثة هي

1، علو الصوت

2، درجة الصوت

3، نوع الصوت

1 علو الصوت Loudness

يربط علو الصوت شدة الصوت التي لها تأثير في الأذن والتي عظمى لإحساس بعلو الصوت أو خفوه، فالأصوات التي من خورق قد تكون عالية كصوت الرعد ولا تكون خافتة كالهمس، وتعرف شدة الصوت عند نقطة معينة بأنها

((بعد أن نرعى بصفة الصوتية بوحدة الجهد الصوتي W من جهة بوحدة التي مركزها W))
 (المسألة ((لاحظ شكل 35)

$$\text{شدة الصوت} = \frac{\text{القدرة الصوتية}}{\text{المساحة}}$$

$$I = \frac{P}{A}$$

P = القدرة الصوتية المقترنة بالواط (Watt)

A = المساحة المقترنة m^2

I = الشدة الصوتية المقترنة $Watt m^2$



الشكل (35)

أن شدة الصوت عند نقطة من الوسط تعتمد على :

1- بعد النقطة عن المصدر - تتناسب شدة الصوت في نقطة معينة تناسباً عكسياً مع

مربع بعد النقطة عن مصدر الصوت

2- سعة اهتزاز المصدر وتردده - فبذلك شدة الصوت طردياً مع كل من مربع سعة اهتزاز

مصدر الصوت وكذلك مع مربع تردد المصدر

3- المساحة السطحية للسطح المهيئ - إذا تزايدت شدة الصوت بتزايد المساحة السطحية

لتحسين المهيئ

4- كثافته وسط الانتشار - يزداد شدة الصوت بازدياد كثافته الوسط المهيئ

فيما يلي نذكر بعض الملاحظات الهامة:

معق و أن ذلك سبب عزيري للطلاب من الترددات الصرته التي يحس بها الان السويه جيد اتفع
بين 20000Hz و 20Hz و لا يسمع الصوت الا اصاب تردد اذن من 20Hz و هو هو ان الموحاد
يحت المسعة او كثر من 20000Hz و هو يرددت الموحات قوة السمعه
ار العلاقة بين شدة الصوت بحدوه ليسب علاقة طرديه و سما هي علاقة لو عر يعية كف من الانر البصريه
لا تحس السوي لأصوات ان التردد المخفضه و المسلوية هي مديها .

وخمسة آلاف البشريّة شيء صوّد كعرب $10^{-2} \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$ ولعبة $1 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$ عما يكون

مؤثرات الصوت 1000Hz وقد أخذت في المساحة $10^{12} \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$ مساحة السطح وسمعت بطنه

السمع وقد وضع مقياس لوزايرمي الحساب مسوء القشده L , intensity level, فاصوت م
مديه I_0 هو 10^{-12} وات/م²

$$L \text{ (decibel)} = 10 \left(\log_{10} \frac{I}{I_0} \right)$$

و ان مفسر الشرح (L) يملك العلاقة الكو غرامية بين الاختصاص يعطى الصوب وسيله عند
فراد محين
حيث في

$10^{-2} \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$ L_0 صوت عليه السمع ، مقدارها

١. يمثل مستوى الشدة وبعبارة أخرى dB decibel

وَمِنْ لَحْدِيذٍ بِالذِّكْرِ الْإِسْمَاءِ فِي مَقَامٍ يُدْرِكُ الَّذِي يَنْفَعُ الْمُسْلِمِينَ بِأَعْيُنِهِمْ فَاقْبَلْ مِنْ بَيْنِ يَدَيْهِ السَّلَامَ

$$L_G = 10 \log \frac{10^{-2}}{10^{-2}} = 10 \log_{10}(1) = 10 \times 0 = 0$$

وبما أن أقصى شدة تسطيع لائن سماعها هي $(1 \frac{W_{att}}{m^2})$ فإن أعلى مستوى شدّة صوتيّة عند
عنه الآن هي ⁴

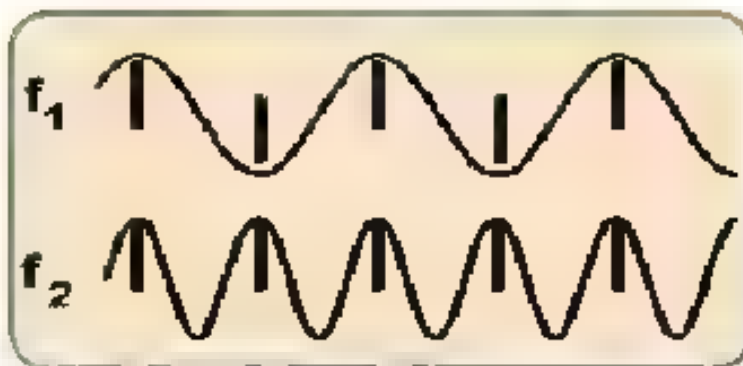
$$L_1 = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 10 \log_{10} 10^{12} = 120 \text{ dB}$$

والمجرا 2، بين مستويات الشدة المعيار صوبية محذرة

جدول (2) مستويات الشدة لمصادر صوتية مختلفة

| مصدر الصوت | مستوى شدة الصوت (dB) |
|--------------------|----------------------|
| جنازة في قريّة | 150 |
| صوتة الدار | 120 |
| مترو الأنفاق | 100 |
| صوتة قصص الحشرات | 80 |
| صوت المزدحم | 70 |
| المكنسة الكهربائية | 60 |
| المحادثات العادية | 50 |
| صوت النمل (الـ) | 40 |
| الهمس | 30 |
| خفيف أوراق الشجر | 10 |
| حد السمع | 0 |

2 درجة الصوت Pitch of the sound



الشكل (36)

هي خاصية الصوت التي تعتمد على تردد الموجات الصوتية التي تصله بآذان التي تغير بين الأصوات لحدادة كصوت السرعة والأصوات للعلبة كصوت الزجر. فإذا كان تردد النغمة صغير قبل أن النغمة منخفضة الدرجة وإذا كان تردد النغمة كبير قبل أن النغمة عالية الدرجة. لاحظ الشكل (36)

3. نوع الصوت

تلك الحاصبة التي يرمز لها بالـ f هي التردد في الدرجة والشدة الحاصرة عن الأذن الموسيقية المختلفة فالنغمة الصادرة عن شوكة رنانة بتردد 256Hz يمكن تمييزها عن نغمة أخرى بها للتردد عند صاير من بيان أو كمان. ويتوقف على نوع المصدر وطريقته توليد الصوت لاحظ الشكل (37).



الشكل 37

هل تعلم ؟

تؤتى الصفوف والجرار بعد نهج استخدام العرف واللقاحات والسيوف المصممة لتردد عالي هي حادة مسطحة وصلبة أما الصفوف والمكثبات والأمكن الهلالية فهي عالية تكون قاعدة العنق ومغطاة بملاء ممتصة للصوت لاحظ الشكل (38).



الشكل 38

وضعت أذن سماعتان على البعد نفسه من عامل ، شدة الصوت فلو افترضنا كل آلة موقع العمل هو $2 \cdot 10^{-2} \text{ Watt/m}^2$ أوجد مستوى الشدة للصوت المسموع من قبل العامل. a ، عندما يعمل إحدى الآلات. b ، عندما تعمل الآلات معاً.

الحل /

a ، نحسب مستوى الشدة L عند موضع العامل عندما تعمل إحدى الآلات من المعادلة الآتية

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

$$L_{I_1} = 10 \log_{10} \frac{2 \times 10^{-7} \text{ watt / m}^2}{1 \times 10^{-12} \text{ watt / m}^2} = 53 \text{ dB}$$

b) تتصاعف الشدة إلى $4 \times 10^{-7} \text{ Watt m}^2$ ولذلك يكون مستوى الشدة في هذه الحالة

$$L_{I_2} = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad \text{هو :}$$

$$L_{I_2} = 10 \log_{10} \frac{4 \times 10^{-7} \text{ Watt / m}^2}{1 \times 10^{-12} \text{ Watt / m}^2} = 56 \text{ dB}$$

أي عندما تتصاعف الشدة يزداد مستوى الشدة بمقدار 3dB فقط.



يعرف عارف الكمان لحدا منفرداً وبعد ذلك يصمم اليه تسع عازفين وجميع

يعرفون الشدة نفسها التي عرف بها العازف الأول

a) عندما يعرف كل العازفين معاً مقدار مستوى شدة الصوت للمجموعة ؟

b) إذا انصم عشرة عازفين آخرين كم يزداد مستوى شدة الصوت عن حالة

العازف الواحد ؟

مقدار قوة السمع هي محدودة جداً نسبة لسماع حركات تصورات سمعية لا الهاد بمر...

عالي يريد من 20000Hz ومن تطبيقاتها العملية :

١- نستثمر في تعيين لابعاد واعماق البحار اذ يستعملها الحفّاش في نجس الاصطدام بما يعترض طريقه أثناء طيرانه اذ يصدر موجات فوق سمعية تنعكس عند اصطدامها بأي عائق ويستقبل الحفّاش الموجات المعكسة ويستدل على وجود العوائق ويتجنبها كما يستعملها الإنسان في حساب عمق النحر و لذلك يرسل اشارة من الموجات فوق السمعية نحو قاع البحر ويستقبل الإشارة المعكسة عنه ويستقبل حاص، وبحساب ر من الذهاب و لاياب للموجة ومعرفة سرعة الموجات فوق سمعية في ماء البحر ، يمكن معرفة مقدار العمق

١- تستمر في العوض الضيق والجر حبة ذلك ، كل عضو من أعضاء جسم الإنسان كالأنسجة والعظام والاهور فختلف في قريها على عكس هذه الموجة عند سقوطها عيه فقد تسلط حرمة من موجات فوق السمعية على الجزء المراد فحصه واستغل الموجات منعكسه على جهاز الكروني بمصل يشائه نظريونه تظهر عليها صورة المنطقة المراد فحصه و يفصل استخدام الموجات فوق السمعية على استخدام الأشعة السينية وذلك لئلا في الخطر للصار للأشعة السسية ، أسفه أكثر ، على الجسم

٢- تستمر في التصنيع لتأكد من نجاح الألة المعدنية ونسب سعيوب

٣- تستمر في الفحص على بعض مواقع البصريا مثل تكريا الدهري و تكريا السل ، كما لها م فف بعض الغير و ساب ، تحد من تأثيرها

٤- تستمر في التعقيم والتعقيم والتعقيم عند مرور موجات فوق سمعية في سائل ، زاد سرعة وعجبا خميمات بوسط المتبدية وبجيه لذلك تحدث انعطافات في اتصالات للسائل يظهر باستمرار ، هذه الانعطافات بشكل هف عا ، ر عا احتفاء الانعطافات يحدث ارتفاع خطي في الصعظ بمصل آلاف المرات بصر ، تصعظ الحوي ، لدا تقوم بتفتيت ما يوجد في سائل من حديد أو كاساد حبة كذلك نزال الدهور وحبقات الأوكسيد بهذه الطريقة فصلا عن استثمارها في تحريم للزجاج والسيراميك .

٥- تستمر في الطب لتفتيتك يامر برها عبر الجف فتسبب أثير لونها السريعة تفتيتك لبعضها كما تستخدم في تحميم الحمى في التلي

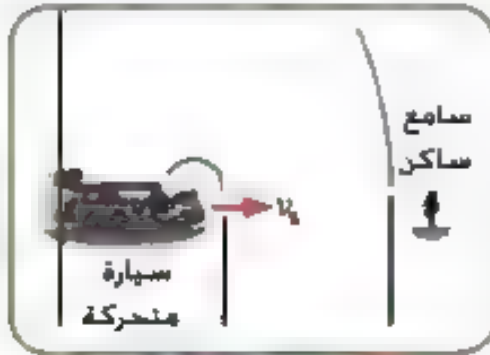


فماذا تعمل الموجات ده لمرند
للمرفع (تقوى السمعية) بشكل لفصل
من لموجات ذات التردد المنخفض
عد تحديد موقع عن طريق الصدى
عنا انو يقين ؟

لاحظ الشكل ، 39

الشكل ، 39

رغم لاحظت كيف ان صوت سياره يتغير عندما تتحرك السيارة مبتعداً عنك ويكون تردد



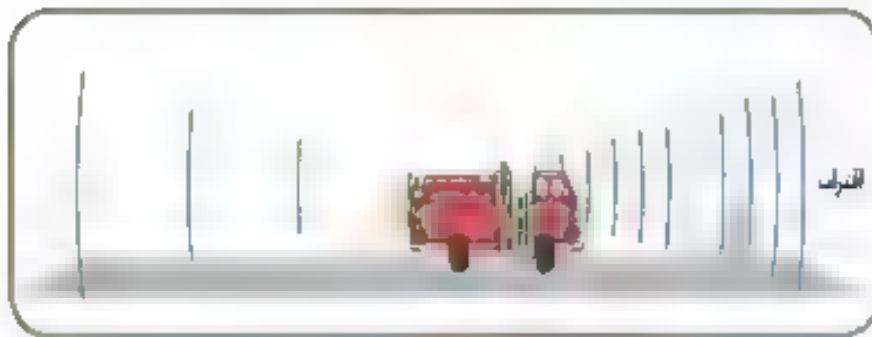
الصوت الذي تسمعه عندما تقترب منك السيارة اعلى من الذي تسمعه عندما تتحرك السيارة بعيداً عنك .

ان ظاهرة التغير في التردد المسموع عن تردد المصدر لو تحرك الوسط او السامع او المصدر بالنسبة لبعضهما يسمى تأثير دوبلر .

ويحدث تأثير دوبلر في حالة تغير تردد الموجه المسموعه التي يصدرها مصدر مصوت في حالة وجود حركة نسبية بين المصدر والسامع عندما يكون الوسط ثابتاً او متحركاً

لاحظ الشكل (40) ولنصبح هذا التأثير مفترض ان الوسط ساكن وان مصدر الصوت والسامع في حالتي ايقاف او ابتعاد عن بعضهما ، مثال على ذلك صوت القطار المتحرك اذ يزداد درجة صوت الصغره باقترابه من السامع الواقف وتقل بابعثاده عنه . وسيحدث تأثير دوبلر كالآتي

a عندما يتحرك مصدر الصوت بسرعة منتظمة نحو سامع ساكن

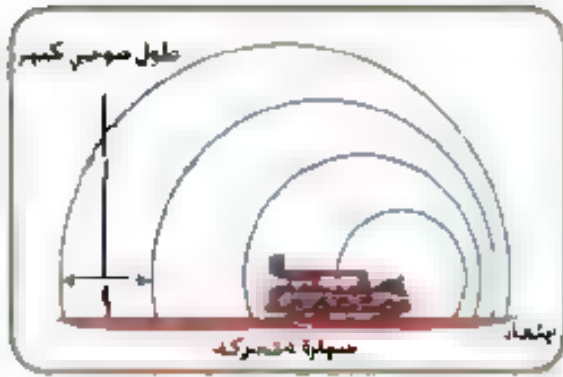


الشكل (41)

من ملاحظتنا لشكل (41) جد ان مصدر الصوت قد تحرك بسرعة منتظمة مقدارها v نحو سامع ساكن وكان التردد الحقيقي للمصدر f وان سرعة الصوت في ذلك الوسط v تردد الصوت المسموع يعطى بالعلاقة الآتية .

$$f' = f \left(\frac{v}{v - v_s} \right)$$

حيث



b, في حالة ابتعاد المصدر عن السامع الساكن

الشكل (42)

عندما يكرر النجدة سرعة المصدر v ، يمكن اتجاه سرعة الصوت v نحو السامع ذلك معوض عن سرعة المصدر عندما يتأثر تسليطية v أي هي :

$$f = \left(\frac{v}{v - v_s} \right) f_0$$

وبصورة عامة :
ش : المصدر يتحرك بسرعة v_s إلى السامع يتحرك بسرعة v و سرعة السامع هي سرعة واحدة : فهناك جميعه سرعة حرك كسبه v_s هي

$$f = \frac{v - v_s}{v} f_0$$

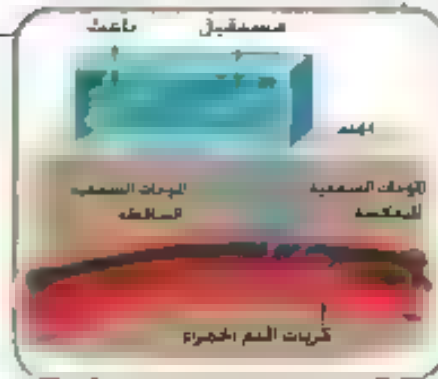


أ : إذا كان المصدر يتحرك بسرعة v_s إلى السامع يتحرك بسرعة v و سرعة السامع هي سرعة واحدة : فهناك جميعه سرعة حرك كسبه v_s هي



هل تعلم ؟

أن إحدى التطبيقات الطبية لتأثير دوبلر هو مقياس جريان الدم (Doppler flow meter) لاحظ الشكل (43) .



سيارة تتحرك في خط مستقيم بانطلاق ثابت (72km h) سبة الى رجل واقف على الرصيف وكس منه الصوت في السيارة يصدر صوتاً بتردد (644Hz) وانطلاق الصوت في الهواء حيداك (342m s) احسب مقدار كل من التردد الذي يسمعه الرجل والطول للموجي المسموع عندما تكون السيارة متحركة :

a نحو الرجل . b بعيداً عن الرجل .

الحل /

$$f' = \left(\frac{v}{v - v_s} \right) \times f$$

a بما ان المصدر المصوب يقترب من السامع فان سرعة المصدر تكون بـتأثير موجية

لانها مع اتجاه انتشار موجة الصوت .

$$v_s = \frac{72 \times 1000}{3600} = +20 \text{ m/s}$$

$$f' = \frac{342 \cdot 0}{342 (+20)} \times 644$$

$$= \frac{342}{322} \times 644$$

$$f' = 684 \text{ Hz}$$

نعرص ان الطول للموجي المسموع λ'

$$\lambda' = \frac{v}{f'}$$

$$\lambda' = \frac{342}{684} = 0.5 \text{ m}$$

b) بما أن المصدر المصوت يبتعد عن السامع فإن سرعة المصدر تعوض بإشارة سالبة
(لأنها عكس لاتجاه انتشار موجة الصوت) $v_s = -20 \text{ m/s}$

$$f' = \left(\frac{v}{v - v_s} \right) \times f$$

$$f' = \frac{342 - 0}{342 - (-20)} \times 644$$

$$= \frac{342}{362} \times 644$$

$$f' = 608.42 \text{ Hz}$$

$$\lambda' = \frac{v}{f'}$$

$$= \frac{342}{608.42} = 0.5621 \text{ m}$$

راكب دراجة يتحرك بسرعة (5 m/s) بحط مستقيم نسبة الى مصدر
مصوت ساكن يبعث صوتاً بتردد (1035 Hz) وكان انطلاق الصوت في الهواء حينذاك
(345 m/s) احسب مقدار كل من التردد والطول الموجي الذي يسمعه راكب الدراجة اذ كان
متحركاً : a) نحو المصدر . b) بعيداً عن المصدر .

الحل /

a) بما أن السامع (راكب الدراجة) يتحرك نحو المصدر فتكون سرعة السامع
 $v_o = (-5 \text{ m/s})$ بإشارة سالبة ، لأنها باتجاه معاكس لاتجاه انتشار موجة الصوت

$$f' = \left(\frac{v - v_o}{v - v_s} \right) \times f$$

$$f' = \frac{345 - (-5)}{345 - 0} \times 1035$$

$$= \frac{350}{345} \times 1035$$

$$f' = 1050 \text{ Hz}$$

عندما يكون المصدر ساكناً في الطول الموحى للصوت الذي يبعثه المصدر لا يتغير فتكون

$$v = \lambda' f$$

$$\lambda' = \lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda' = \frac{345}{1035} = 0.33\text{m}$$

b) بما ان السامع (راكب الدرجة) يتحرك بعيداً عن المصدر فتكون سرعة السامع $v_o = (+5\text{m/s})$ مباشرة موجبة (لانها باتجاه انتشار موجة الصوت)

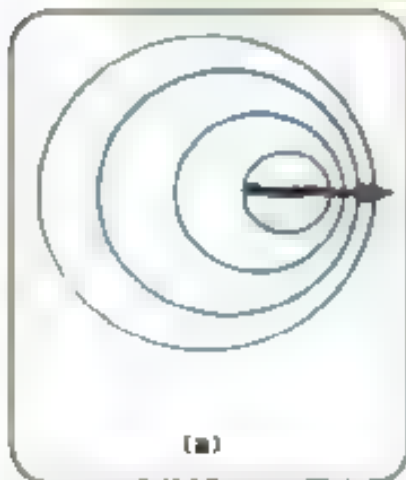
$$f' = \frac{345 - (+5)}{345} \times 1035$$

$$= \frac{340}{345} \times 1035$$

$$f' = 1020 \text{ Hz}$$

$$\lambda' = \lambda - \frac{v}{f}$$

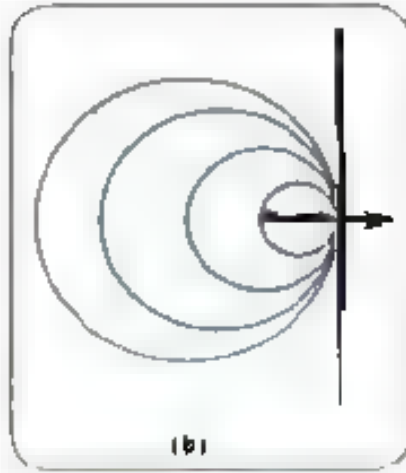
$$\lambda' = \frac{345}{1035} = 0.33\text{m}$$



(a)

عندما تتحرك طائرة بسرعة أقل من سرعة الصوت في جهات الموجات التي تقع امام الطائرة تكون متعاربة فتولد موجات مضطربة يسبب حركة الطائرة والمراقب على يمين الطائرة يقيس تردد اعلى من تردد المصدر .

لاحظ الشكل (44a).

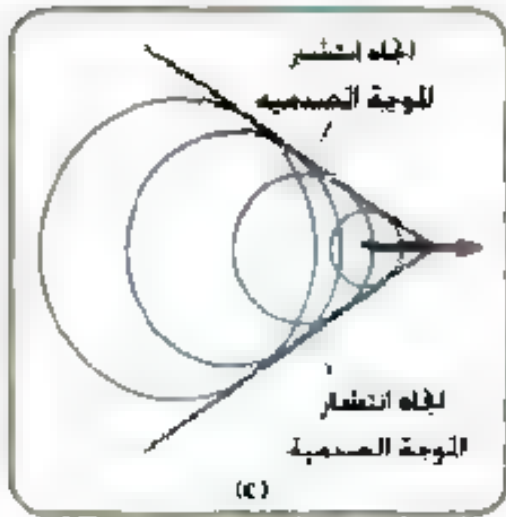


(b)

الشكل 44b

و هو ما نرى سرعة الطائرة في اتجاه الموجة
امام الطائرة تتأخر اكثر فاكتر وان المراقب بسجل
نريد اعلى ، و حسب محرك طائرة بسرعة الصوت
فان حبيبات الموجة تزدحم امام الطائرة ويسير
بسرعة الصوت مكونة حاجز من الهواء ويصعق
عالي جدا يسمى بحاجز الصوت — **sound barrier**

لاحظ الشكل 44b

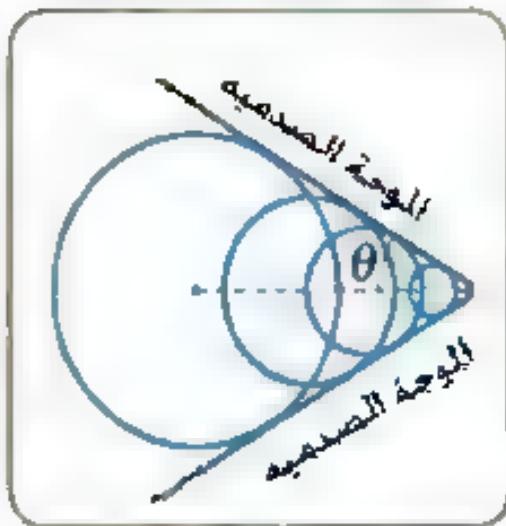


(c)

الشكل 44c

و حسب تسيير الطائرة بسرعة اكبر من سرعة الصوت
في جهتي الموجة تزدحم و حدة فوق الاخرى مكونة
سطحا مخروطيا يسمى بموجات الصدم **shock waves**
و موجة الرجة و هي الموجة التي تتركز الطاقة
بشدة عالية في منطقة تولدها تكون في مقدمة
الطائرة و اخرى في مؤخرة الطائرة وتسمع بشكل صوت
صوي

لاحظ الشكل 44c



الشكل 45

و يكون شلال الجبهات مخروطي الشكل لاحظ الشكل
(45) ، و نصف زاوية رأسه يعطى
بالعلاقة

$$\sin \theta = \frac{vt}{v_s t} = \frac{v}{v_s}$$

v = سرعة المصدر (الطائرة)

v_s = سرعة الموجة (الصوت)

ترمز النسبة $\frac{v}{v_0}$ إلى عدد ماخ (Mach Number) وجبهه الموجة المحروطة عند
 $(v > v_0)$ (سرعة فوق صوتية) تعرف على انها موجة صدمية كم في حالة حركة الطائرة
 البعثة بسرعة فوق الصوتية فتنتج موجات صدمية وهي التي تحدث الصوت العالي المدوي الذي
 نسمعه

تحمل الموجات الصدمية مقدار ضخم من الطاقة مركزة وسط المحروط و الذي يُحدث تغيراً كبيراً
 في الضغط ، هذه الموجات الصدمية تكون صاره بالسمع ويمكن ان تسبب اضراراً للمباني عندما
 تطير الطائرات بسرعة فوق صوتية على ارتفاعات منخفضة .



طائرة تحلق في الجو بسرعة ثلثة اضعاف من كتلة هوائية باردة الى كتلة هوائية
 ساخنة ، يزداد عدد ماخ أم يقل أم يبقى ثابت ؟

١. حبر العنارة الصحيحة لكل مما يلي :

١. أي من التالي لا يؤثر في الزمن السوي لنندول بسيط يهتز في الهواء ؟
 أ. طول الحيط
 ب. كتلة الكرة
 ج. التعجيل الأرضي في موقع النندول البسيط
 د. قطر الكرة

٢. نندول بسيط طوله 2m و التعجيل الأرضي 10 m/s^2 فإن عدد الاهتزازات الكاملة له خلال 5min هي

- أ. 1.76
 ب. 21.6
 ج. 106
 د. 236

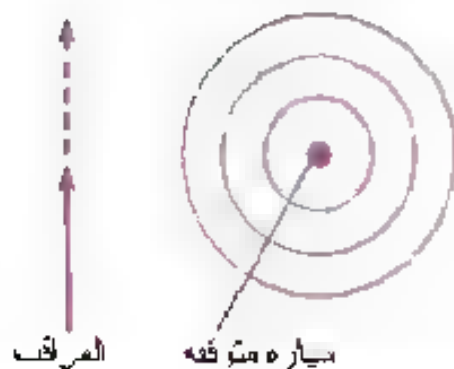
٣. رمز تمار موجات عبر نقطة معينة كل 12s وكانت المسافة بين نقطتين متتاليتين هي 1.2 m فإن سرعة الموجة تكون :

- أ. 0.667 m/s
 ب. 0.8 m/s
 ج. 1.8 m/s
 د. 9.6 m/s

١. في أي مما يلي لا يحدث تغير سوي

- أ. مصدر الصوت يحرك باتجاه المرآة
 ب. مرآة يحرك باتجاه مصدر الصوت
 ج. مرآة ومصدر ساكنين أحدهما بالحيث الآخر
 د. المرآة والمصدر يسيران باتجاهين متعاكسين

٥. راكب حافلة يمر بالقرب من سيرة متوقفة على جانب الطريق وقد أطلق سراح السيارة المتوقفة صوت للمبة متذبذبة الصوت الذي يسمعه راكب الحافلة :



- أ. الصوت الأصلي للمبة يرتفع - راحته
 ب. الصوت الأصلي للمبة تنخفض - راحته
 ج. صوت تنعش - راحته من مقدار كبير إلى مقدار صغير
 د. صوت تنعش - راحته من مقدار صغير إلى مقدار كبير

6، الرمن الذي يحتجه الجسم المهبر لاكمال هزة واحدة هو

- a، الهيرتز .
- b، الرمن الدورى .
- c، السعة .
- d، التردد .

7، الموجات الميكانيكية للمستخرصة تتحرك فقط خلال :

- a، الاجسام الصلبة .
- b، السوائل .
- c، العارلت .
- d، كل ما ذكر .

8، عند زيادة شدة الصوت (10) مرات يرداد مستوى شدة الصوت الى -

- a، 100dB
- b، 20dB
- c، 10dB
- d، 2dB

9، انطلاق الصوت فى الهواء هو دالة لـ

- a، الطول الموجى .
- b، التردد
- c، درجة الحرارة .
- d، السعة .

س2- ما الميره التي يجب ان تتوافر فى حركة جسم لتكون حركة توافقية بسيطة ؟

س3- كم مرة يتارجح طفل على ارجوحة موزراً بموقع لاستقراره خلال رمن سورة واحدة

س4- ماذا يحصل للرمن الدورى فى بندول بسيط توافقى عند :

- a، مصاعفة طوله
- b، مصاعفه كتلته .
- c، مصاعفة سعة اهترازه .

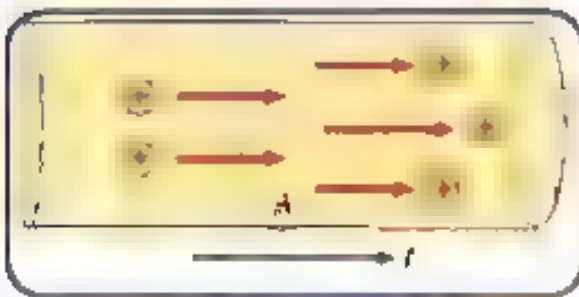
س5- هل يختلف الرمن الدورى للبندول البسيط التوافقى المهبر عند مستوى سطح البحر

عن الرمن الدورى لمثيله يهتز على قمة جبل ؟ ولماذا ؟

1. ما الرمز السورى لبندول بسيط يهتز توافقاً (12 دورة) خلال (2min) ؟
2. صخرة مروحية على بعد (10m) عن سامع تبعث صوتها بانتظام في جميع الاتجاهات فإذا كان مستوى شدة صوتها (100dB) يتحسسه هذا السامع فما :
 - a) مقدار القدرة الصوتية الصادرة عن هذه الطائرة .
 - b) ما المعدل الزمني للطاقة الصوتية الساقطة على طلبة السامع مساحتها $(8 \times 10^{-3} \text{m}^2)$
3. لحساب التغير في مستوى شدة الصوت المنبعث من مدياح إذا تغيرت قدرة الصوت في المدياح من $(25 \times 10^{-3} \text{Watt})$ إلى $(250 \times 10^{-3} \text{Watt})$
4. تبلغ القدرة الصوتية الصادرة من صافره $3.5 \pi \text{ Watt}$ على أي مسافة تكون شدة الصوت $(1.2 \times 10^{-3} \text{Watt} / \text{m}^2)$
5. ما النسبة بين شئتي صوتين بالنسبة لسماع إذا كان الفرق بين مستوي شئتيهما 40dB
6. ساعة جدارية تصدر نقاتها صوت قدرته $(4 \pi \times 10^{10} \text{Watt})$ هل يستطيع شخص اعتيادي سماع هذه النقات إذا كان يبعد على بعد 15m منها ؟
7. آلة موسيقية ونزبه كتلة ونزها 15g وطوله 50cm ومقدار شد الوتر 25N احسب انطلاق الموجة في هذا الوتر ؟
8. رادار يرسل موجات راديوية بطول موجي 2cm في مدة زمنية مقدارها 0.1s احسب :
 - a) مقدار تردد الموجة .
 - b) عدد الموجات المرسله خلال هذه الفترة الزمنية .
- علماء أن انطلاق الموجات الراديوية $(3 \times 10^8 \text{m} / \text{s})$
9. ما انطلاق مصير مصوت ان كان محركا بسرعة منتظمة بسبه الى فتاة واقفه عبيد تسمع الفتاة تردد صوت المصير يزداد بمقدار 5 من تردده الحقيقي وكان انطلاق الصوت في الهواء فذلك $(340 \text{m} / \text{s})$.
10. تحرك صبي بسرعة منتظمة $(5 \text{m} / \text{s})$ مقترباً من مصدر مصوت ساكن . فسمع الصبي تردد المصير بمقدار (700Hz) وكان انطلاق الصوت في الهواء فذلك $(345 \text{m} / \text{s})$ حسب التردد الحقيقي للمصدر حينذاك ؟

التيار الكهربائي

معظم الأجهزة التي ستتعلمها في حياتنا العملية تعتمد على وجود الطاقة الكهربائية مثل الراديو والمصباح والتلفزيون والفاصل والحاسوب ولكي نعلم هذه الأجهزة الكهربائية فلا بد من وجود مصدر يجهزها بالطاقة الكهربائية ومن أمثلة هذه المصادر البطارية الحرة والبطارية المستقلة والمواد الكهربائية ومن المعروف جيداً أن الإلكترونات الحرة الضعيفة الارتباط بالذرات هي المسؤولة عن تكوين التيار الكهربائي في الموصلات المعدنية ولكنه يجب أن يذكر أن التيار لا يساوي تماماً عن حركة الإلكترونات الموجبة والسالبة معاً كما في حالة المحاليل الأيونية.



شكل 1-9

1-9 التيار الكهربائي

لتعريف التيار الكهربائي، تصور أن الشحنة الكهربائية المتحركة التي تعبر سطح مساحة مقطعه العرضي (A) كم مبين في الشكل (1-9) فإذا كانت كمية الشحنة الكهربائية المارة خلال مقطع الموصل في وحدة الزمن

$$\text{Electric Current} = \frac{\text{Quantity of Charge}}{\text{Time}} \quad \text{أمبير (A)}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

coulomb (C)

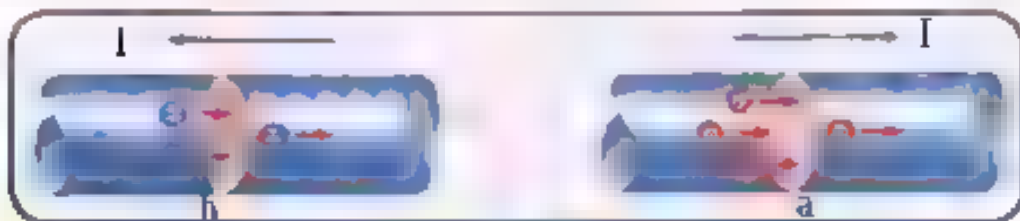
second (s)

ويعرف هذه الوحدة باسم أمبير

ويعتبر التيار الكهربائي بوحدة

$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ second}}$$

ويمكن تعريف التيار الكهربائي بأنه معدل انسياب كمية شحنته الكهربائية المارة خلال مقطع



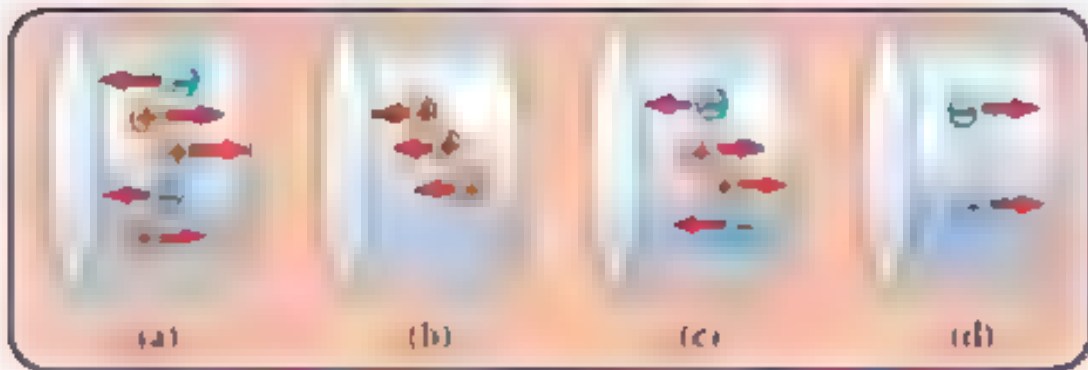
شكل 1-10

ويكون اتجاه التيار الكهربائي باتجاه حركة الشحنات الموجبة ويعكس اتجاه حركة الشحنات السالبة . والشكل 2 يمثل شحنة كهربائية متحركة في مقطعين من موصلين ، لاحظ أن التيار الكهربائي المتدفق في الموصل (a) أكبر من التيار المتدفق في الموصل (b) كما أن اتجاه التيار الكهربائي في الشكل (a) هو باتجاه اليمين ، باتجاه اليسار في الشكل (b) ، لأن حركة الشحنات الكهربائية السالبة في اتجاه معين تكافئ حركة كمية متساوية من الشحنات الموجبة في الاتجاه المعاكس .

إن الشحنات الكهربائية المختلفة تسير باتجاهين متعاكسين في المجال الكهربائي E ، هذا اصطلاح على حركة الشحنات الموجبة في الموصل باتجاه معين بالسير الاصطلاحي **Conventional Current** ، ويكون اتجاه حركة الشحنات السالبة (الإلكترونات) في الموصلات العزلية باتجاه معاكس لاتجاه التيار الاصطلاحي .



يسير الشكل 3 ، شحنات كهربائية متحركة عبر أربع مقاطع من الموصلات إذا علمت أن جميع المقاطع متساوية في المقادير :-



الشكل 3 ،

1 . حدد اتجاه التيار في كل مقطع .

2 . رتب المقاطع الأربعة حسب مقدار التيار الكهربائي من الأقل إلى الأكبر .

ومن الجدير بالذكر أن سرعة التيار الكهربائي هي السرعة التي تنتقل بها الطاقة الكهربائية والتي تقارب من سرعة الضوء في الفراغ $(3 \times 10^8 \text{ m/s})$ هي حين أن سرعة انجراف الشحنات الحرة في الموصلات يكون صغيراً ، مثلاً سلك من النحاس قطره 1 mm يمر فيه تيار كهربائي مقداره 1 A ، فإن سرعة انجراف الإلكترونات تبلغ $(9 \times 10^{-4} \text{ m/s})$.

ويعطى سرعته لاجزاء بالعلاقه الآتية :-

الميز

سرعة الاجزاء للشحنت :-

مساحة المقطع العرضي \times عدد الالكترونات في وحدة الحجم \times شحنة الالكترون

$$\text{Drift velocity } (v_d) = \frac{\text{Current}(I)}{\text{Cross Section Area}(A) \times \text{Number of Electrons per unit volume}(N) \times \text{Electron charge}(e)}$$

$$v = \frac{I}{ANe}$$

او ان

v_d تمثل سرعة اجزاء الالكترونات وتُقاس بوحدات m/s

N تمثل عدد الالكترونات في وحدة الحجم

A تمثل مساحة المقطع العرضي

e شحنة الالكترون

مثال ٦ : عند ضغط على احد ازرار حاسبة الجيب ، فان بطارية الحاسبة تخرج

تيار مقداره $10^{-6} A$: 300 في $10^{-2} s$ من فترة

a - ما مقدار الشحنة المسافرة في هذا الزمن ؟

b - كم هو عدد الالكترونات المنساب في هذه الفترة الزمنية ؟

الحل :

a مقدار الشحنة المنسابة في هذا الزمن

$$\text{Electric Current} = \frac{\text{Quantity of Charge}}{\text{Time}}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$\Delta q = I \Delta t$$

$$= (300 \times 10^{-6} A) \times (10^{-2} s)$$

$$\Delta q = 3 \times 10^{-6} C \quad \text{مقدار الشحنة}$$

b عدد الالكترونات المنساب في هذه الفترة الزمنية

$$(\Delta q) \quad \text{الشحنة الكلية}$$

$$(e) \quad \text{شحنة الالكترون} = 1.6 \times 10^{-19} C$$

$$n = \frac{\Delta q}{e}$$

$$n = \frac{3 \times 10^6 \text{ C}}{1.6 \times 10^{19} \text{ C}} = 1.9 \times 10^{11} \text{ electron}$$

مثال 2

سلك نحاس مساحة مقطعه العرضي (2 mm^2) يمر فيه تيار (10 A) احسب سرعته، الانحراف للإلكترونات الحرة في هذا السلك، علم ان عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم من سلكه (N) يساوي

$$8.5 \times 10^{28} \frac{e}{\text{m}^3}$$

الحل:

$$I = n A v_d e$$

Current (I) = Cross Section Area (A) Number of Electrons per unit volume (N) electron charge (e)

$$v_d = \frac{I}{A N e}$$

$$v_d = \frac{10 \text{ A}}{(2 \times 10^{-6} \text{ m}^2)(8.5 \times 10^{28} \text{ e/m}^3)(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}$$

$$= 0.37 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$= 0.37 \text{ mm/s}$$



الشكل (4)

من ذلك سرعة التيار الكهربائي بعد مقاومة عند مروره في موصل، معبها تصادم السحب الحرة بعصبها معصن و عزاب منه الموصلة سلك من معبوم المقاومة الكهربائية تمقل مقاومة الموصل للتيار الكهربائي وبعد معبها للأعاقبة التي به حبه الإلكترونات الحرة في سلكه انشالها في الموصل وقد سمعت سابق حساب مقاومة الموصل بعين هزي الحيد من طرفه وقبالي التيار المار به لاحظ الشكل (4) .

ويعرف معاومته الموصلة بأنها:

$$\text{Resistance (R)} = \frac{\text{Voltage (V)}}{\text{Current (I)}}$$

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow V = IR$$

والمعادلة المذكورة هنا تعرف بقانون أوم، **ohm's law**، الذي ينص:-

(١) - التيار الكهربائي المار في موصل عند درجة حرارة معينة يتناسب مع فرق الجهد المطبق عليه عند

درجة حرارته ((

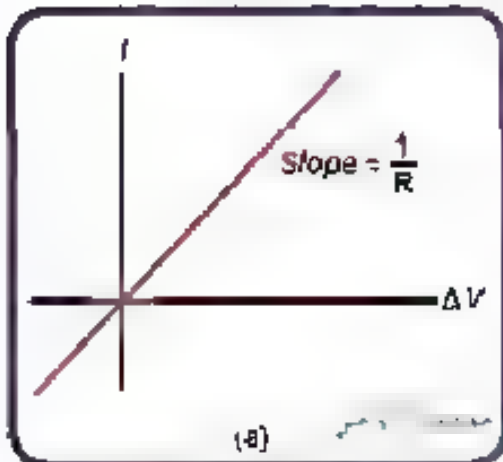
و تقاس المعاومة بوحدة أوم، ويرمز بها بالرمز Ω ، ويعرف الإعراف بأنه "معاومة موصل تعبر فيه تيار

مقداره (1A) عندما يكون فرق الجهد المطبق عليه (1V)"

تسمى الموصلات التي يتطوّر عليها فروق الجهد

بالموصلات الأومية، **ohmic conductors**، لاحظ

الشكل (5a)

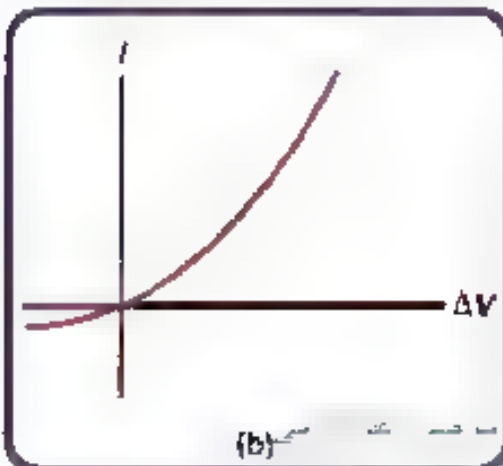


و عندما لا تسمى المعاومة فإنها عند زيادة التيار لمار

فيها زيادة كبيرة، تصبح العلاقة بين التيار وفرق الجهد

غير خطية، ويسمى الموصل في هذه الحالة موصلًا

غير أومي لاحظ الشكل (5b)



التيار

لقد درست في مراحل سابقة أن مقاومة الموصل تتناسب عكسياً مع طول الموصل و عكسياً مع مساحته مقطعية ، غير أن عن ذلك رياضياً على النحو الآتي ،

$$\text{المقاومة} = \text{ثابت} \times \frac{\text{طول الموصل}}{\text{مساحة مقطعه العرضي}}$$

وهذا الثابت يعتمد على نوع المادة الموصلة ودرجة الحرارة و يسمى بالمقاومية (Resistivity) ويرمز لها بالرمز (ρ) و يكتبه على

$$\text{Resistance}(R) = \text{Resistivity}(\rho) \times \frac{\text{Length}(L)}{\text{Cross section Area}(A)}$$

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

و حده قياس المقاومية (ρ) هي $(\Omega.m)$

ويختلف المقاومية (ρ) باختلاف نوع المادة وكذلك درجة الحرارة

جدول 1 : يبين مقاومية بعض المواد عند درجة حرارة 20°C

| المقاومية $(\Omega.m)$ | المادة | |
|------------------------|---------------|-----------------|
| 2.8×10^{-8} | الألمنيوم | الموصلات |
| 1.72×10^{-8} | النحاس | |
| 2.44×10^{-9} | الذهب | |
| 100×10^{-9} | الدايكنيزوم | |
| 1.6×10^{-8} | الفضة | |
| 5.6×10^{-8} | النيكل | |
| 3×10^3 | السيكون النقي | العوازل الموصلة |
| 10^{10} | الزجاج | العوازل |

يبدو الجدول أعلاه أن قيمة المقاومية تكون قليلة جداً للمواد جيدة التوصيل مثل الفضة ، نحاس ، في حين أن قيمتها تكون عالية جداً للمواد العازلة مثل الزجاج ، أما المواد شبه الموصلة فإن مقاومتها

متوسطة



ان مغلوب المعنوية (p) يسمى الموصلية الكهربية ورمزه (σ) أي أن:



هل تعلم ؟

ان المقاومة هي صفة للمواد (substances) في حين ان المقاومة صفة للجسم (object) كما ان الكثافة هي صفة للمواد في حين ان الكتلة صفة للجسم

ومن تصنيفه الترانزستور الكهربي الذي يتغير مقاومته بتغير درجة حرارته هو المقاومة الحرارية
Thermostat لاحظ الشكل (6)



الشكل (6)

ويستعمل في دوائر الانذار من الحريق الكهربي . كذلك يستعمل جهاز محرار المقاومة Resistive thermometer لقياس درجة الحرارة من خلال التغير في مقاومته الموصل ويصنع من السليكون .

تمرين 3

قطعة من سلك نحاسي مساحته مقطعة (4mm²) وطوله (2m) ومقاومته

متساوي (1.72 × 10⁻⁸ Ω m) عند درجة حرارته 20°C جـ *

a) المقاومة الكهربية للسلك .

b) فرق الجهد على طرفي السلك عندما يساهبه تياراً مقداره 10A *

الحل

a) المقاومة الكهربية للسلك عند درجة حرارته 20°C

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

$$= \frac{(1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m)(2m)}{(4 \times 10^{-6} m^2)}$$

$$= (8.6 \times 10^{-3} \Omega)$$

(b) فرق الجهد على طرفي السلك عندما يسحب فيه تياراً مقداره 10A ؟

فرق الجهد = التيار × المقاومة

$$V = IR$$

$$V = (10A)(8.6 \times 10^{-3} \Omega)$$

$$V = 8.6 \times 10^{-2}$$

$$V = 0.086 \text{ Volt}$$

تغير مقاومة الموصلات تقريباً تغيراً خطياً مع تغير درجة الحرارة وفقاً للعلاقة الآتية

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

حيث أن ρ_0 تمثل المقاومة في درجة حرارة $(T_0 = 20^\circ\text{C})$ ، والثابت α يسمى المعامل الحراري للمقاومة (Temperature Coefficient of resistivity) ويعتمد على نوع المادة

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \times \frac{\Delta \rho}{\Delta T}$$

حيث ρ و ρ_0 يمثلان تغير المقاومة لدرجات الحرارة T و T_0 على التوالي

و α هي وحدة قياس المعامل الحراري للمقاومة ($^\circ\text{C}^{-1}$)

الجدول (2) يبين المعامل الحراري للمقاومة لبعض المواد بدرجة حرارة العرفة (20°C)

| المادة | الألمنيوم | النحاس | الكروم | الحديد | الرصاص | الزئبق | الفضة | السكستون |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|----------|
| $\times 10^{-4} (^\circ\text{C}^{-1})$ | 39 | 39.3 | 5 | 50 | 43 | 8.8 | 38 | 45 |

ومما تجدر الإشارة إليه أن المقاومة للموصلات تزداد بزيادة درجة الحرارة كما أن المقاومة للمواد العازلة تقل بزيادة درجة الحرارة.

و قد نحى ان نمنه المعامل الحراري
لمقاوميه لهذه المواد تكون سالبه

هل تعلم ؟

ان مقوميه حويط المصباح الكهربائي المومح تزداد
لكثر من عشرة امالي عندما يعبر لدرجة الحرار ذمن
درجة حراره الحرقه الي ان يصير الحويط يسحب الي
درجة التبيص

ويمكن التعبير عن التغير في مقاوميه الموصل بشكل حصي مع درجة الحراره طبقا للمعادله
الآتيه

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

في الطرح الكهربائي سلك بطول 1.1m ومساحه مقطع عرضي $3.1 \times 10^{-6}\text{m}^2$ عند اشعال الطرح ترتفع درجة حراره السلك نتيجة لمرور التيار الكهربائي فيه فاد كانت الماده المصنوع منها السلك لها مقاوميه $\rho_0 = 6.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ في درجة حراره $T_0 = 320^\circ\text{C}$ والمعامل الحراري للمقاوميه $\alpha = 2.0 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ حسب مقاوميه السلك في درجة حراره 420°C

الحل:

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \times \frac{\Delta \rho}{\Delta T}$$

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \times \frac{\rho - \rho_0}{T - T_0}$$

$$2 \times 10^{-3} = \frac{1}{6.8 \times 10^{-8}} \times \frac{\rho - 6.8 \times 10^{-8}}{420 - 320}$$

ومنها نحصل على :

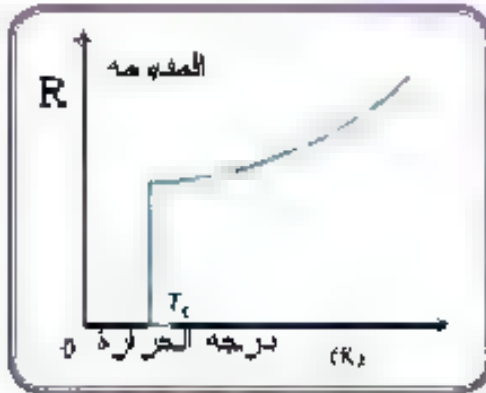
$$\rho = 8.16 \times 10^{-8} (\Omega \cdot \text{m})$$

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

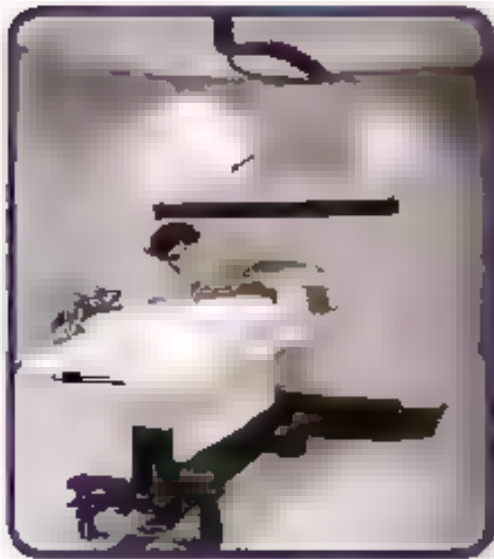
$$= \frac{8.16 \times 10^{-8} \times 1.1}{3.1 \times 10^{-6}} = \frac{8.976 \times 10^{-8}}{3.1 \times 10^{-6}}$$

$$= 29 \Omega$$

مقاوميه السلك في 420°C



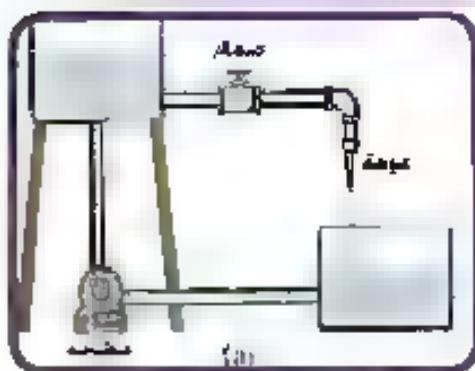
الشكل (7)



الشكل (8)

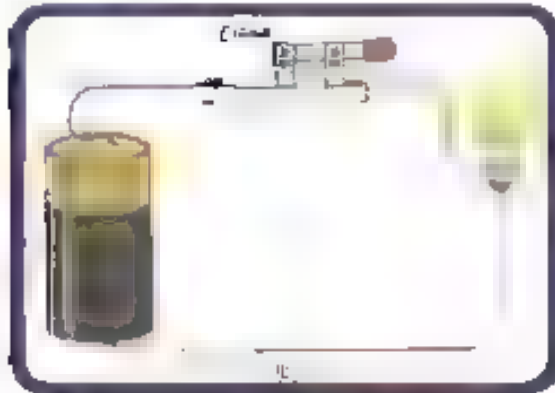
هناك صنف من المعادن و المركبات تهيئ مقلوبتها بصورة مفاجئة إلى الصفر عند درجة حرارة معينة تسمى **Critical Temperature, T_c** وهذه الظاهرة تسمى عرض التوصيل

Superconductors، وهذا سمح من المواد تسمى مواد فائقة التوصيل لاحظ الشكل (7) ومن الملاحظ الآن أنه فائق التوصيل بالمعنى للمواد فائقة التوصيل، هو أنه في حالة تكون تيار في دائرة مغلقة مغلقة التوصيل يسير التيار في تلك الدائرة لزم من قد ينشأ عن ذلك من الاستيعاب دون الحاجة إلى مصدر للقوة الدافعة الكهربائية في الدائرة، على عكس ما موجود في الدوائر العادية هي الموصلات الاعتيادية حيث تحتاج إلى مصدر مجرد رفع مصدر للقوة الدافعة الكهربائية عنه ومن التطبيقات المهمة للمواد فائقة التوصيل هي معادن فائقة التوصيل لا يكون لها مجال مغناطيسي مصدره عشرة مثال المعادن الكهربائية الاعتيادية. وهذا النوع من المعدن يستعمل في جهاز الرنين المغناطيسي لتصوير **(MRI)** حيث يعطي صور دقيقة للأعضاء الداخلية لجسم الإنسان. لاحظ الشكل (8).



الشكل (9)

أما سبي و.ن. راسب عزيزي الطائفة في الشحبات الحرة، **الالكترونيات**، محل لسطح الفلزي تتحرك عشوائياً فلا يولد عن حركتها تيار كهربائي، ولكن حساب تيار كهربائي في السلك لا بد من دفع الإلكترونات للحركة في اتجاه معين، وهذا يتطلب وصل طرفي السلك بمصدر يولد الشحبات الكهربائية بالطاقة وهذا يشبه مصفحة الماء التي تعمل على صنع الماء من الحرائق المضيئة إلى الحرائق العلوي لاحظ الشكل (9).



إن مصدر تيار كهربي الشحبات الكهربيّة بالطاقة
يعرف بمصدر القوة الدافعة الكهربيّة، وهذه
المصدر هو البطاريّة، لاحظ الشكل (9b)

الشكل (9)

ونعرف القوة الدافعة الكهربيّة للبطاريّة بانها

مقدار القوة الكهربيّة التي كسبت شحلتها في كل كيلو جول من الشحنة يمر
فصلها بعبارة أخرى هي مقدار العمل المنجز في وحدة الشحنة من قبل المصدر

الشحن

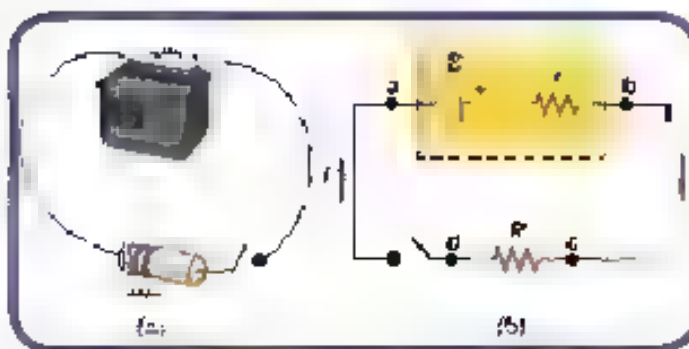
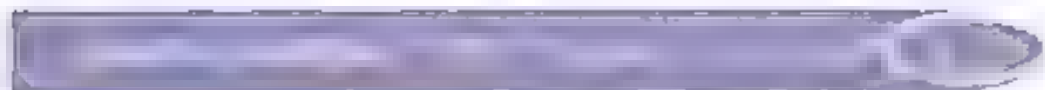
أي أن

$$\text{القوة الدافعة الكهربيّة} = \frac{\text{الشحن}}{\text{الشحنة}}$$

$$\text{Electromotive force } \varepsilon = \frac{\text{Work (W)}}{\text{Charge (q)}}$$

$$\varepsilon = \frac{W}{q}$$

ونعبر بقوة الدافعة الكهربيّة بوحدات $\frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}}$ ويسمى هذه الوحدة Volt



عندما نصل طرفي سلك بقطبي مصدر
جهد كهربي، يشكل مصدر مغلق يمر
به تيار كهربي، وبكي تسبب من هذا
التيار تسخين أو جوار أو أي مقاومة
في هذا مسار المغلق ونشكل هذه
العناصر الأربعة، ونسلك، البصريّة،
الجهد، المعالج، المكونات الأساسيّة

الشكل (10)

لذا نرى الكهربيّة لاحظ الشكل (10)، وعند غلق المفتاح شكل دائرة كهربيّة مغلقة يمر فيها
تيار كهربي وإذا فتح قطع في السلك عند أي نقطة نقول أن الدائرة مفتوحة

فإن افتراضاً بسيطاً مفرومه الأسلاك الناقلة فإن فرق الجهد على طرفي البطارية، فوطية الأقطاب، يساوي emf ، ولكن لنصوبه مقاومة داخلة r لذلك فإن فولتية الأقطاب لا تساوي فعلاً emf البطارية

يمكن تصور ساحة موحدة تحرك خلالها البطارية من $(a \rightarrow b)$ أي عندما تمر الشحنة من القطب السالب إلى القطب الموجب للبطارية من جهد الفعلة ϵ بمقدار ϵ وعندما تمر الشحنة في المقاومة لا حلة r فإن الجهد يقل بمقدار r حيث I يمثل تيار الدائرة ومنه يمكن اشتقاق معادلة الدائرة الكهربية المغلقة في قانون حفظ الطاقة كما يلي:

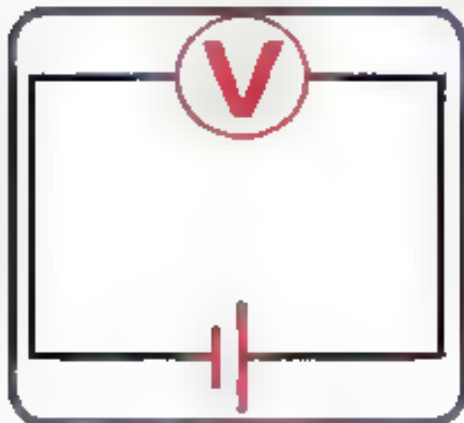
| | | | | | |
|-----------------|---|-----------------------------|---|--------|-------------------|
| الطاقة الكهربية | = | فرق الجهد على طرفي البطارية | - | التيار | المقاومة الداخلية |
| (ϵ) | | (ΔV) | | (I) | (r) |

$$\epsilon = \Delta V + Ir$$

$$\epsilon = IR + Ir$$

أي أن ϵ = $\frac{\text{Electromotive force}}{\text{Resistance + Internal Resistance}}$ Current =

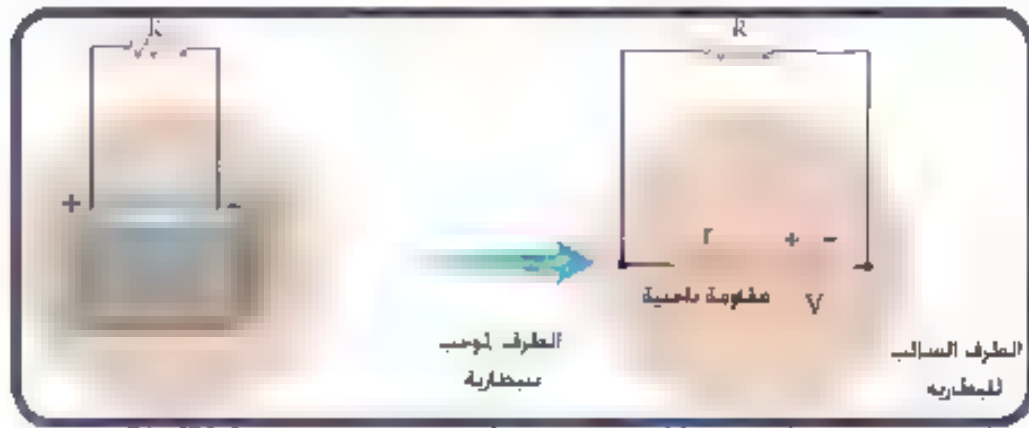
$$I = \frac{\epsilon}{R + r}$$



الشكل (11)

يربط الفولتميتر مباشرة بفطلي التوصيل ولم
كل مقاومة الفولتميتر عالية جداً فإن التيار
الذي سيمر في الدائرة ضعيف جداً يمكن إهماله
ويعرض أن ظاهرة الكهربية مفروضة لذلك فإن قراءة
الفولتميتر تمثل emf المصدر بصورة تكريمية
لاحظ الشكل (11).

لحد الآن ما تم مناقشته حول مصادر الفولطية (البطاريات أو المولدات) هو تأثير فولطيتها على الدائرة، ولكنها في الواقع تحتوي فصلاً عن تلك مقاومة تدعى بالمقاومة الداخلية للبطارية أو مقاومة المولد لأنها موجودة داخل مصدر الفولطية، وهذه المقاومة في البطارية هي مقاومة المواد الكيميائية وفي المولد هي مقاومة الأسلاك وباقي مكونات المولد. لاحظ الشكل (12).



الشكل (12)

عند ربط مصدر الفولطية مع مقاومة خارجية R ، تعتبر المقاومة الداخلية لمصدر مربوطة معها على التوالي وتكون المقاومة الكلية عادة قليلة ولكن لا يمكن إهمال تأثيرها في الدائرة. الشكل (12) يوضح كيف أن التيار عندما يسحب من بطارية، المقاومة الداخلية تسبب انخفاض قيمة الفولطية بين القطبين تحت القيمة العظمى المحددة بالقوة الدافعة الكهربائية للبطارية. الفولطية العتية بين قطبي البطارية تدعى

بـ **The Terminal Voltage of a Battery**

مثال 13

الشكل (13) يبين بطارية سيارة (emf) بها 12V ومقاومتها الداخلية

0.01Ω ، ما مقدار الفولطية بين الأقطاب عندما يكون تيار البطارية:

a) 10A

b) 100A



الحل/

a) بحسب هبوط الجهد في المقاومة الداخلية (الجهد المصانع في المقاومة الداخلية) عندما يكون التيار في 10A :-

$$V = I r$$

$$V = 10A \times 0.01\Omega = 0.1V$$

فرق الجهد على طرفي القطب البطارية يسوي

$$\Delta V = \varepsilon - I r$$

$$\Delta V = 12.0V - 0.10V$$

$$= 11.9V$$

b) بحسب هبوط الجهد في المقاومة الداخلية عندما يكون التيار 100A

$$V = I r$$

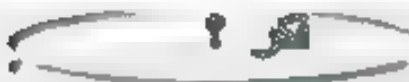
$$V = 100A \times 0.01\Omega = 1.0V$$

فرق الجهد على طرفي لقطب البطارية (ΔV) يساوي

$$\Delta V = \varepsilon - I r$$

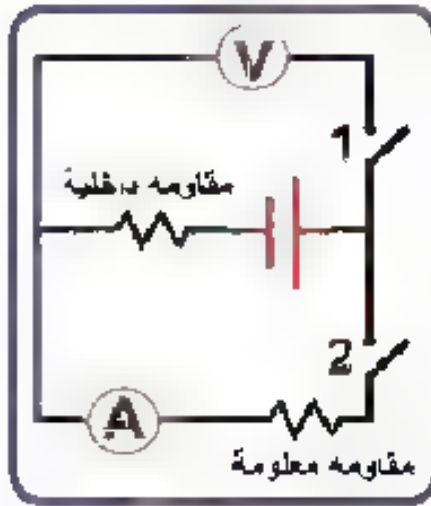
$$\Delta V = 12.0V - 1.0V = 11.0V$$

المثال أعلاه يوضح كيف أن هبوط الجهد في المقاومة الداخلية لا يقطع البطارية تكون أقل عندما يكون التيار الخارج من البطارية عالي، وهذا التأثير يمكن أن يعبئه صاحب السيارة عند استعماله البطارية



في المثال السابق إذا أردت توهج مصابيح السيارة .

أي الحالتين تفصل؟ توهج المصابيح قبل تشغيل محرك السيارة أم بعد تشغيل محرك السيارة ولماذا؟



شكل 14

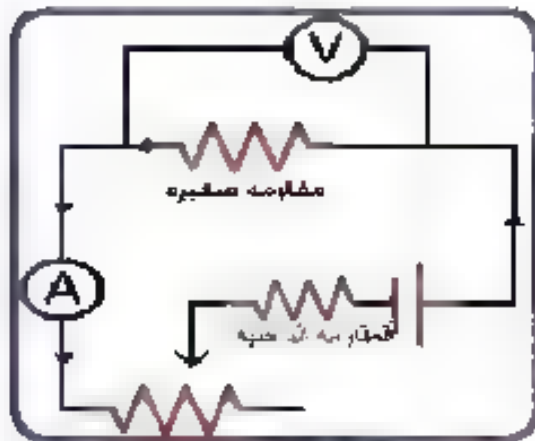
نلاحظ أن التيار المار في الدائرة هو I ، والقدرة المستهلكة في المقاومة R هي $I^2 R$ ، والقدرة المستهلكة في المقاومة الداخلية هي $I^2 r$ ، والقدرة المستهلكة في البطارية هي $I \mathcal{E}$ ، حيث \mathcal{E} هي القوة الدافعة الكهربائية للبطارية.

قياس المقاومة. هناك عدة طرق لقياس المقاومة منها:

1) طريقة الفولتميتر والأميتر:

هذه الطريقة غير دقيقة وذلك لأن جهازين في أي جهد صغير لا يعطي قراءات دقيقة بما فيه الكفاية.

2) دوائر المقاومة لقياسها صغيرة:



الشكل 15

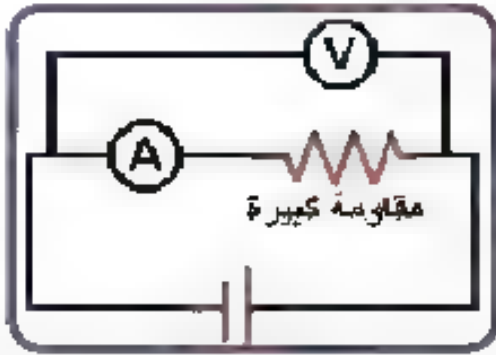
نلاحظ أن الجهد V هو الجهد بين طرفي المقاومة R ، والتيار I هو التيار المار في المقاومة R ، والقدرة المستهلكة في المقاومة R هي $I^2 R$ ، والقدرة المستهلكة في البطارية هي $I \mathcal{E}$ ، حيث \mathcal{E} هي القوة الدافعة الكهربائية للبطارية.

من العلاقة السابقة:

$$R = \frac{V}{I}$$

قراءة الأميتر

b) اختبار المقاومة المرصوب حسابها كبيراً ر حـ : جهاز = كـ في الشكل (16)



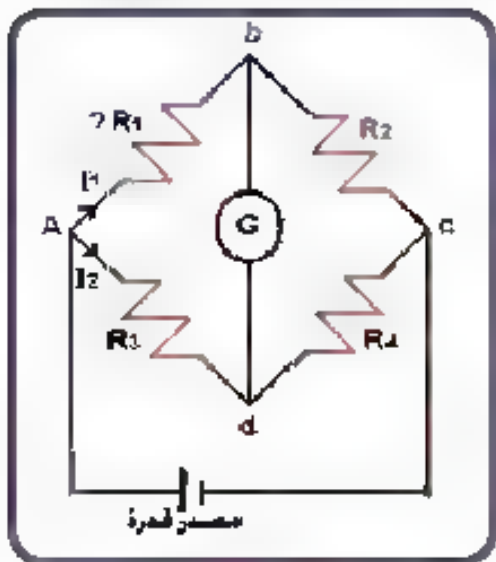
الشكل (16)

قراءة (V) R
في أم

من قراءة الأميتر نعلم بالصسط تيار تلك المقاومة
منطوقاً في هذه الفولتميتر فيمثل مجموع فرق الجهد
عبر كل من المقاومة المكيو والامبر وبم كذا مقاومة
الامبر صغيرة جداً في فرق الجهد بين طرفيه سيكون
قليلاً جداً يمكن إهماله بالنسبة لفرق الجهد عبر تلك
المقاومة وعلى هذا يمكن اعتبار فرق الفولتميتر هي
فرق الجهد عبر للمقاومة الكبيرة تقريباً وحسب المقاومة
من قراءة الفولتميتر و التيار حسب العلاقة التالية .

2) طريقة قطرة وتستون به

هذه الطريقة دقيقة ومصنوعة لقياس المقاومة وتكون الدائرة الكهربية من ثلاث مقاومات
مجهولة مقاومتها مجهولة كالفولميتر ومصدر ضربه (يربط الاجهزة كما في الشكل
(17)) يعبر من قيمة المقاومات المعيرة R_1, R_2, R_3 على التوالي في الدائرة أي ان الكلفوميتر لا



الشكل (17)

يسجل أي تيار وهذا يعني من جهده صماء هو فرق الجهد
عندها $(V_{ab} = 0)$

$$V_{ab} = V_{ad} \dots \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \dots (1)$$

$$V_{bc} = V_{dc} \dots \Rightarrow I_1 R_3 = I_2 R_4 \dots (2)$$

وبقسمة المعادلتين الأولى على الثانية ينتج :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

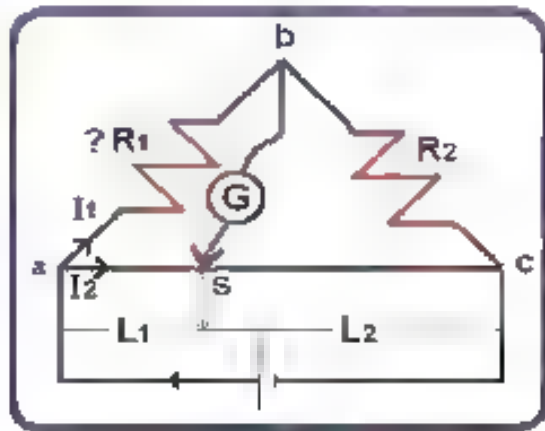
قانون القطره

حيث أن R_1 هي المقاومة المجهولة . ولما كانت ثلاث
مقاومات معلومة فإنه يمكن إيجاد المقاومة الرابعة
(مجهولة)

$$R_1 = R_2 \times \frac{R_3}{R_4}$$

وبالامكان حساب المقاومة المجهولة R_1 على وفق العلاقة المذكورة في أعلاه .

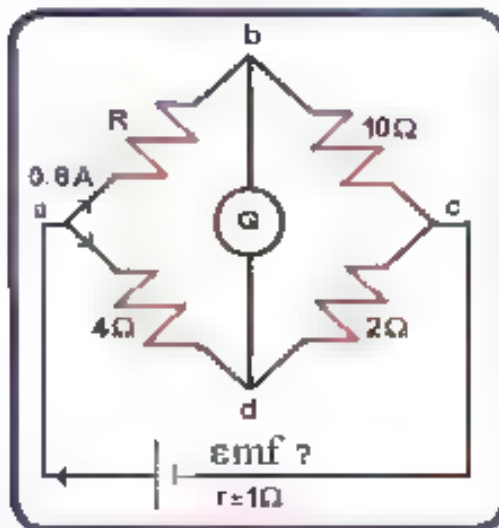
بالامكان استخدام R_1, R_2, R_3 بسلك متجانس مثبت على قطره مربعة لاحظ الشكل (18) وبما ان
 $(R \propto L)$ لذلك تصبح العلاقة السابقة في حالة دراري الدائرة بالشكل الآتي



18. المسألة

$$\frac{R}{K} = \frac{l}{L}$$

المعادلة



19. المسألة

(a b c d) شكل رباعي اصلاعه المقاومات

على الترتيب (4, 2, 10, R) وصلت البطتان (c, a) بقطبي نضيدة كم في شكل (19) مقاومتها الداخلية 1Ω ثم ربط كلفانومتر بين (d, b) فكانت قراءته صفراً عندما مر تيار مقداره

$0.6A$ في المقاومة R احسب:

1) قيمة المقاومة R .

2) التيار المار بكل مقاومة

3) emf للنضيدة .

الحل /

بما ان الدائرة متزنة (قراءة الكلفانومتر = صفر)

1) بحسب قيمة المقاومة R بحسب العلاقة الاتية:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$\frac{R}{10} = \frac{4}{2} \Rightarrow R = 20\Omega$$

2) التيار المار بكل مقاومة.

التيار المار في المقاومة 20Ω هو التيار نفسه المار بالمقاومة 10Ω اي المار بالفرع abc

$$V_{ac} = IR$$

$$V_{ac} = (0.6A) (20\Omega + 10\Omega) = 18V$$

ولابجد التيار المار خلال المقاومين 2Ω و 4Ω نستعمل العلاقة :

$$I_{adj} = \frac{V}{R} = \frac{18V}{(4+2)\Omega} = 3A$$

3 , emf لتقصيده

$$I_{\text{total}} = (0.6A) + (3A) = 3.6A \text{ التيار الكلي}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{\text{adc}}} + \frac{1}{R_{\text{adc}}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{(10 + 20)\Omega} + \frac{1}{(4 + 2)\Omega} = \frac{1}{5\Omega}$$

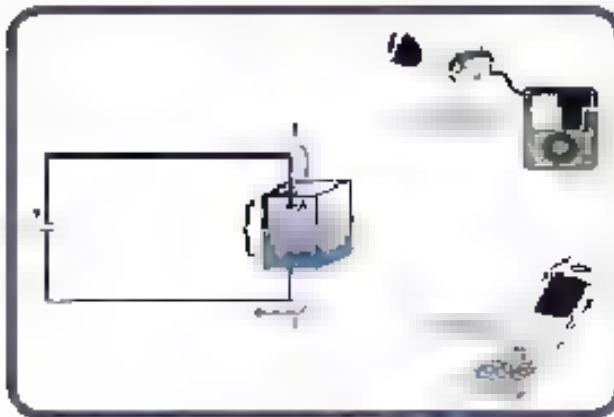
$$R = 5\Omega$$

$$\text{emf} = IR + Ir$$

$$\text{emf} = (3.6A)(5\Omega) + (3.6A)(1\Omega) = 21.6V$$

Electric Power الطاقة الكهربائية

أحد الفوائد فستيار الكهربائي الذي يجري في دائرة كهربائية هي نقل الطاقة من المصدر (البطارية أو مولدة التيار الكهربائي) إلى الأجهزة الكهربائية المختلفة



الشكل (20)

الشكل (20) يوضح ذلك، لاحظ أن القطب الموجب (+) للبطارية مربوط بالطرف (A) من الجهاز الكهربائي كما أن القطب السالب (-) مربوط إلى الطرف (B) من الجهاز، هذا يعني أن البطارية تقوم بالحفاظ على فرق جهد ثابت بين الطرفين (A, B) هذا الفرق في الجهد يؤدي إلى حركة الشحنات (Δq) من الطرف (A) نحو الجهد الأعلى إلى الطرف (B) الجهد

للوطن (B) سهل طاقها الكمية وهذا الفحص في الصافي يمثل (ΔqV) حيث V فرق الجهد بين الطرفين

ويعرف القدرة الكهربائية للجهاز بأنها

مقدار الشغل الذي يسبقه (أو يحول) الجهد الكهربائي إلى شكل آخر

ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة الآتية

$$\text{power} = \frac{\text{potential difference (V)} \times \text{quantity of charge}(\Delta q)}{\text{time}(\Delta t)}$$

$$P = \frac{V \times \Delta q}{(\Delta t)}$$

$$P = \frac{(\Delta q)}{(\Delta t)} \times V$$

$$P = IV$$

و تقاس القدرة بوحدة $\frac{\text{Joule}}{\text{second}}$ ، وتعرف باسم watt

$$(\text{Ampere})(\text{Volt}) = \left(\frac{\text{Coulomb}}{\text{second}} \right) \left(\frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} \right) = \left(\frac{\text{Joule}}{\text{second}} \right) = \text{watt}$$

إن الأجهزة الكهربائية حول الطاقة الكهربائية إلى شكل أو أكثر من أشكال الطاقة، ويمكن حساب الطاقة كما يأتي

$$\text{الطاقة} = \text{القدرة} \times \text{الزمن}$$

$$\text{Energy} = \text{power} \times \text{time}$$

$$E = p \times t$$

كما يمكن حساب القدرة من العلاقة أعلاه

$$P = IV$$

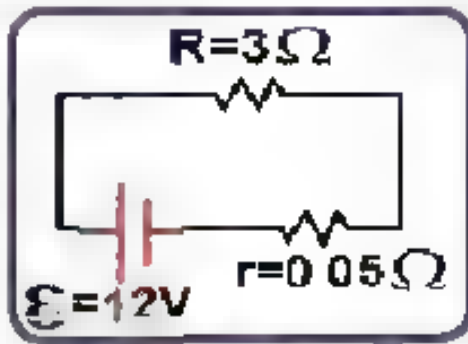
$$P = I(IR) = I^2 R$$

$$P = \left(\frac{V}{R} \right) V = \frac{V^2}{R}$$



الطاقة الكهربائية هي القدرة على القيام بعمل ميكانيكي أو حراري أو كيميائي أو ضوئي أو صوتي أو مغناطيسي أو كهربائي. وتُقاس الطاقة بوحدة الجول (Joule) في النظام الدولي للوحدات. وتُقاس القدرة بوحدة الواط (Watt) في النظام الدولي للوحدات. وتُقاس الطاقة الكهربائية بوحدة الكيلوواط ساعة (kWh) في النظام الدولي للوحدات.

التمرين 21



21, 22

القوة الدافعة الكهربائية البطارية

12V ومقاومتها الداخلية 0.05Ω وصل طرفيها بجعل مقاومة 3Ω لاحظ الشكل 21.

- 1، التيار المتدفق في الدائرة وفرق الجهد على طرفي المصدر
- 2، القدرة المستهلكة في الحمل والقدرة المستهلكة في المقاومة الداخلية (r) والقدرة المصحرة من قبل المصدر.

الحل: 1، التيار المتدفق في الدائرة وفرق الجهد على طرفي المصدر والبطارية

$$\epsilon = IR + Ir$$

$$I = \frac{\epsilon}{R + r}$$

$$I = \frac{12}{3 + 0.05} = 3.93A$$

فرق الجهد على طرفي المصدر = التيار \times المقاومة الخارجية

$$\Delta V = IR = 3.93 \times 3 = 11.8V$$

- 2، القدرة المستهلكة في الحمل والقدرة المستهلكة في المقاومة الداخلية (r) والقدرة المصحرة من قبل المصدر

القدرة المستهلكة في الحمل = مربع التيار \times المقاومة الخارجية R

$$P = I^2 R$$

$$P = (3.93)^2 \times 3 = 46.3W$$

القدرة المستهلكة في المقاومة الداخلية = مربع التيار \times المقاومة الداخلية r

$$P = I^2 r$$

$$P = (3.93)^2 \times 0.05 = 0.772W$$

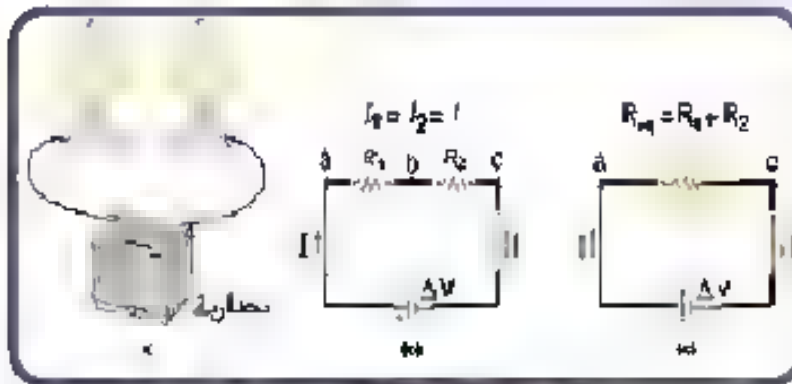
القدرة المصحرة من قبل المصدر = مجموع القدرة المستهلكة في الحمل والمقاومة الداخلية

$$\epsilon I = I^2 R + I^2 r$$

$$= 46.33 + 0.772 = 47.1W$$

ويمكن حساب القدرة المصحرة من قبل المصدر بالعلاقة الآتية.

$$P = \epsilon I = 12 \times 3.93 = 47.1W$$



شكل (22)

عندما نربط نهايه بمقاومه
الاولى مع دايه المقاومه الثانيه
كما في الشكل (22)، يسمى
هذا الربط بالتوالي
ويعتبر هذا الربط من نوع ظريفي
واحد للتيار و هو يعني ان التيار
يكون نفسه بعدو حائل كل مقاوم في
الدوره

نبدأ بحل في المقاومه R_1 في التيار I_1 في المقاومه R_2 في التيار I_2

$$I_{total} = I_1 = I_2$$

يمكن ان تكون المقاومات اجهزة كهربائيه بسيطه مثل المصابيح الكهربائيه عند ربط مصباحين
على التوالي + حيث قطع سلكه في اي منهما سوف ينقطع مرور التيار في الاخره، ويعتبر
الاجزاء كلها عند ممتوحة في ربط التوالي الفولطية المجهره من قول البطاريه تنورح بين
المقاومتين

الفولطية عبر المقاومه R_1 هي V_1 والفولطية عبر المقاومه R_2 هي V_2

المقاومه الكليه V_{total} = الفولطيه عبر المقاومه R_1 + الفولطيه عبر المقاومه R_2

$$V_{total} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = IR_1 \quad V_2 = IR_2$$

$$V_{total} = V = V_1 + V_2$$

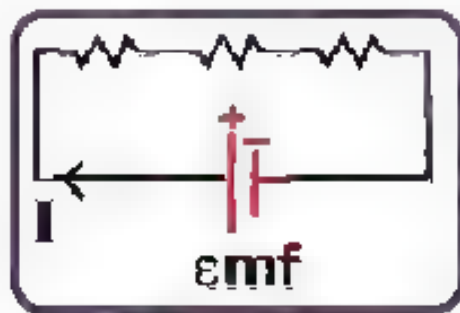
$$V_{total} = IR_1 + IR_2$$

$$V_{total} = I(R_1 + R_2)$$

$$V_{total} = IR_{eq}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \quad \text{لان}$$

وإن R_{eq} يعني المقاومه مكافئه



شکل 20

| رابطہ التوالی | |
|-------------------|----------------------------|
| التيار | $I = I_1 = I_2 = I_3$ |
| المقاومة المكافئة | $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$ |
| فرق الجهد | $V = V_1 + V_2 + V_3$ |

مثال 24

ثلاث مقاومات 2Ω ، 3Ω ، 5Ω تربط على التوالي عبر بطارية ذات جهدها

$20V$ كما هو واضح في الشكل (24) حدد :-

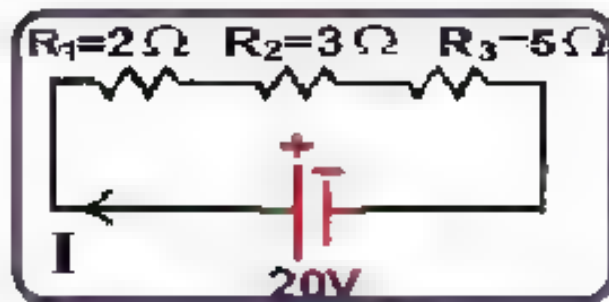
1، المقاومة المكافئة للدائرة

2، التيار الكلي

3، التيار المار في كل مقاومة

4، فرق الجهد على طرفي كل مقاومة

الحل /



الشكل 24

$$1) R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = 2\Omega + 3\Omega + 5\Omega = 10\Omega$$

$$2) I_{total} = \frac{V_{total}}{R_{eq}} = \frac{20V}{10} = 2A$$

$$3) I_{total} = I = I_1 = I_2 = I_3 = 2A$$

$$4) V_1 = I R_1 = (2A)(2\Omega) = 4V$$

$$V_2 = I R_2 = (2A)(3\Omega) = 6V$$

$$V_3 = I R_3 = (2A)(5\Omega) = 10V$$

ولحساب فرق الجهد الكلي V_{total} للساك من الناتج

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{total} = 4V + 6V + 10V = 20V$$



(شبكة 25)

ربط التوازي هي طريقة أخرى لربط الأجهزة الكهربائية وبعض ربط التوازي هو ربط الأجهزة الكهربائية بين قسمين مشتركين بطريقة تسمح بأن تكون الفولتية متساوية لكل الأجهزة المربوطة في الدائرة. ربط التوازي سمح جداً فعلى سبيل المثال في الأجهزة الكهربائية المصنعة في نقاط الكهرباء بالمرور مربوطة مع بعضها على التوازي المتكافئ (25) حيث أن الفولتية **220V** وهي متساوية لفولتية كل جهاز المنزلي - السريو - المصباح (عندما يكون الدائرة مغلقة) كلها تعمل بفولتية **220V** وجود نقاط كهرباء

غير مستعملة أو أجهزة أخرى لا تعمل هذا لا يؤثر على تشغيل باقي الأجهزة التي تعمل فعلاً علاوة على ذلك إذا تم قطع التيار في أحد الأجهزة (بوجود مفتاح مضبوط أو سلك مقطوع لا يؤثر ذلك على مرور التيار في باقي الأجهزة فيصف يوتو انقطاع أو عطل أي جهاز على باقي الأجهزة في حاله ربط التوازي.

حساب المقاومة المكافئة لمقسمين مر بواطين مع بعضهما على التوازي يمكن من تعلم أن التيار

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 \quad \text{الكلي هو}$$

ونما في الفولتية على طرفي كل مجموعة متساوية لفولتية الكلية.

$$I_{\text{total}} = \frac{V}{R_{\text{eq}}} \quad \text{من}$$

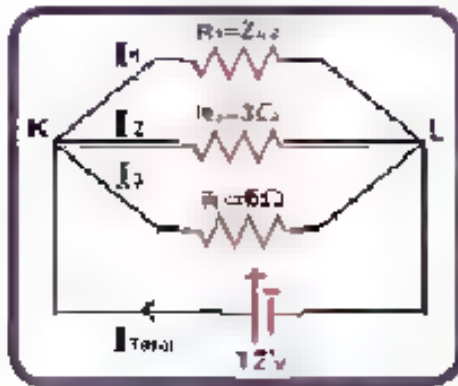
$$I = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3}$$

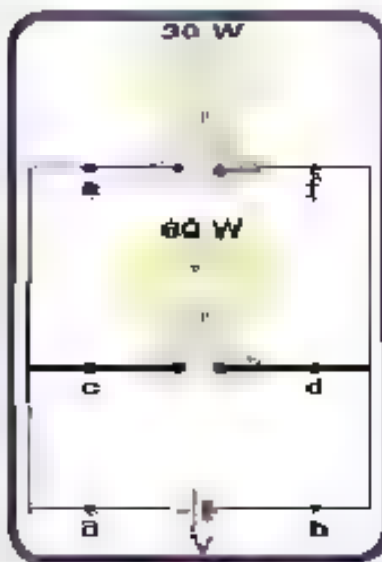
$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{V}{R_{\text{eq}}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



مثال 26

| رابط الدوائر | |
|-------------------|--|
| التيار | $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ |
| المقاومة المكافئة | $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ |
| فولت الجهد | $V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$ |



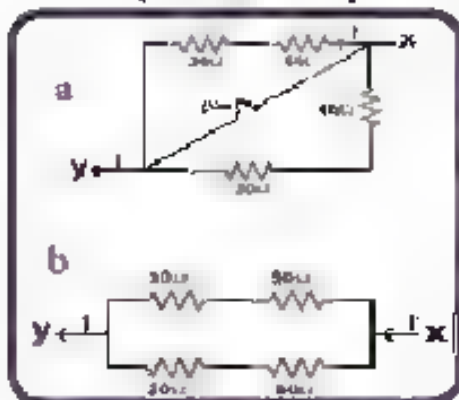
مثال 27

في الشكل (27) مصباحان
مربوطان على التوالي مع بعضهما البعض
مجموعتهما مع المصدر في جهده (V=120V)
رتب قيم التيارات المعسبة في الفروع
(ab)، (cd)، (ef) من الأكبر إلى الأصغر

مقال

جد المقاومة المكافئة بين النقطتين x و y في الشكل (28a)،

المعطى في الشكل (28b)، تكافئ الدائرة إغلاق المفتاح المرسومة في الشكل (28a)



مثال 28

للمقاومتين 30Ω و 50Ω مربوطتين على التوالي .

$$R_{eq} = 30\Omega + 50\Omega = 80\Omega$$

للمقاومتين 20Ω و 60Ω مربوطتين على التوازي

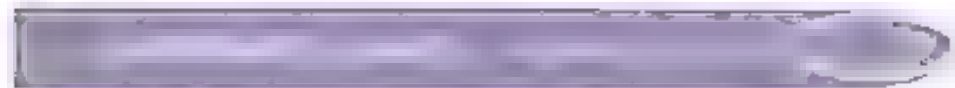
$$R_{eq} = \frac{20\Omega \times 60\Omega}{20\Omega + 60\Omega} = 15\Omega$$

المقاومة 80Ω و 80Ω مرتب صاعداً على طلبه أري

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{80\Omega} + \frac{1}{80\Omega} = \frac{2}{80\Omega}$$

$$R_{eq} = 40\Omega$$

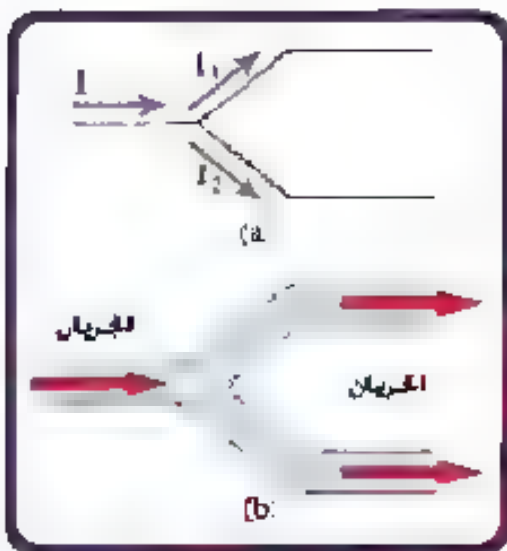
بعد غلق المفتاح فإن المقاومة المكافئة - صغرت لأن الدائرة أصبحت دائرة فصيصة متبارها سري عبر تلك التوصيل (X، Y) فقد يكون أن سري في أي من المقاومات الواردة في الشكل (28)



الدوائر الكهربية التي تتكرر من مفومك مربوطه على التوالي والتوازي يمكن تحليلها عالياً بتقسيمها إلى مجموعات منفصلة من المقاومات لكن هذه الطريقة قد لا تكون مفيدة أو سهلة في بعض الدوائر حيث لا تجد بعض المقاومات مربوطه باستعمال طرائق ربط التوالي أو التوازي وللتعامل مع مثل هذه الدوائر سنسعمل بعض الطرائق الأخرى ومن أهمها قاعدة كيرشوف التي سميت باسم العالم الذي قدم بنظرية هذا وهم المهندس كوستن كيرشوف

1 قاعدة نقطة التفرع (function rule)

مجموع التيار الداخل إلى نقطة تفرع في دائرة كهربية يجب أن يساوي مجموع التيار الخارج منها أي أن



$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

أن القاعدة الأولى لكيرشوف تمثل قانون حفظ الشحنة الكهربائية وهذا يدل على أن بحرية التيار أو تفرعه لا يؤثر في قيمته الأصلية لاحظ بشكل

، 29a، b

التيار الداخل

2) قاعدة الحلقة (Loop rule)

المجموع الجبري لم في الجهد عبر كل العناصر حول أي دارة مغلقة يجب أن يساوي صفر أي

$$\sum \Delta V = 0$$

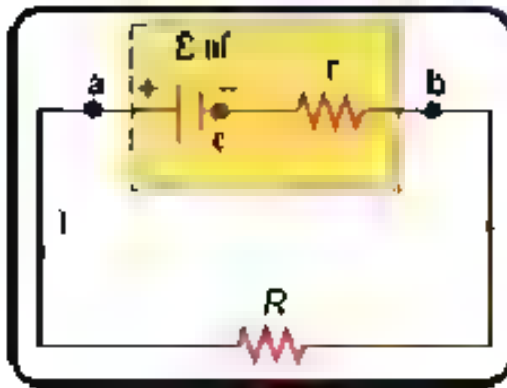
closed loop

وبمكر ينال القاعدة الثانية لكيرنهورف بالعلاقة الآتية

$$\text{Potential drops} = \text{potential rises}$$

$$\sum \Delta V_{\text{drops}} = \sum \Delta V_{\text{rises}}$$

وهذا يعادل شرط خاص للتعبير عن قانون حفظ الطاقة في مدارات الكهربائية



الدارة بسيطة

الدارة الكهربائية البسيطة المبنية في الشكل 30 مكونة من مصدر قوة الدافعة ϵ ومقاومته الداخلية r يتصل مع مقاومة R . أما في الدارة فيسير في اتجاه معاكس لحركة عقرب الساعة **clock wise** ، احس فرو الجهد (V_{ab}) بين طرفي البطارية a, b عند السير من النقطة b ، جهده V_b ، باتجاه الفار عبر المقاومة r إلى النقطة c جهده V_c ، نلاحظ هبوط في الجهد **Potential drops** ، وهذا يعني

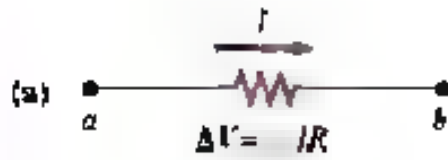
أن الجهد في b أعلى منه في c ، وذلك لأن الشحنات الموجبة تسحب من الجهد العالي إلى جهد الواطئ ، بعد عود مصدر قوة الدافعة الكهربائية من النقطة c إلى النقطة a نجد أنه يحدث ارتفاع للجهد **potential rise** ، فترى ϵ ، وهذه الزيادة في الجهد ناتجة عن العمل الذي تقوم به المصدر على الشحنات الموجبة عند نقلها من القطب السالب إلى القطب الموجب فيرتفع بذلك الجهد ، ولم أتفقا أن يعطى إشارة موحدة لارتفاع الجهد في الجهد وسألبه للتأكد من جهده يصح عندما من السهل هذا حساب فرو الجهد (V_{ab}) ، هناك بعد المجموع الجبري للتعبيرات الحاصلة في الجهد عبر هذا المسار أي أن

$$V_c - Ir + \epsilon = V_a$$

$$\epsilon - Ir = V_a - V_b = V_{ab}$$

$$V_{ab} = \epsilon - Ir$$

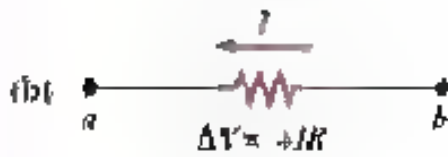
و هكذا يمكن حساب فرق الجهد بين اية نقطتين في دائرة كهربية اذتين بنظر الاعتبار القاعدتين التاليين:



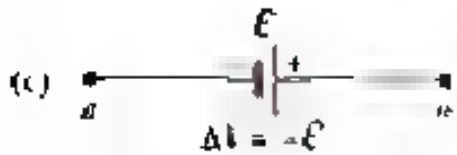
١. عند اختيار المصرومة باتجاه التيار لاحظ الشكل (31a) فانه يحدث هبوط في الجهد قدره (IR)

$$V = IR$$

b اذا كان لاجتياز يعكس اتجاه التيار لاحظ الشكل (31b) فانه يحدث ارتفاع في الجهد قدره (IR)

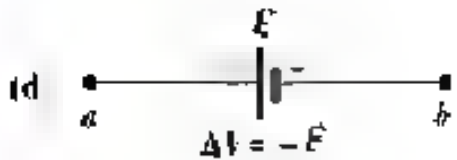


$$V = -IR$$



٢. عند اجتياز القوة الدافعة الكهربية في قطبي السالب الى قطبي الموجب (لاحظ الشكل (31c) فانه يحدث ارتفاع في الجهد قدره ϵ

$$V = +\epsilon$$



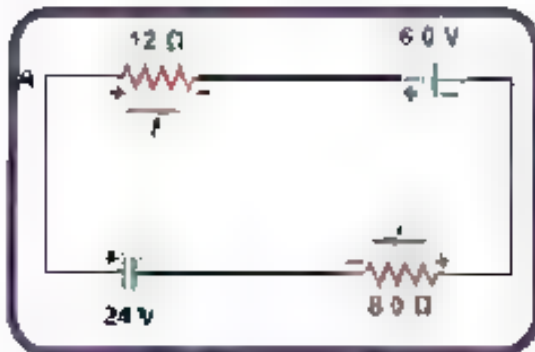
b. اذا كان الاجتياز بالعكس اي من القطب الموجب الى القطب السالب لاحظ الشكل (31d) فانه يحدث هبوط في الجهد قدره ϵ

$$V = -\epsilon$$

الشكل 31.

الشكل (32) يوضح سره كهربائية تحتوي بطرسي ومفومتين ، حسب اختيار I

مسألة 10



في الدارة .

الحل:

بوجه البار الاصطلاحي في الدارة من الجهد العالي الى الجهد الرافىء ، يحصل القاعدة المثابة لكبرشوم اداة من لفظة A سحاه حركة عرب الساعة

الشكل 32

Potential drops = potential rises

$$\sum \Delta V_{\text{drops}} = \sum \Delta V_{\text{rises}}$$

$$I(12) + 6 + I(8) = 24$$

$$20I = 18$$

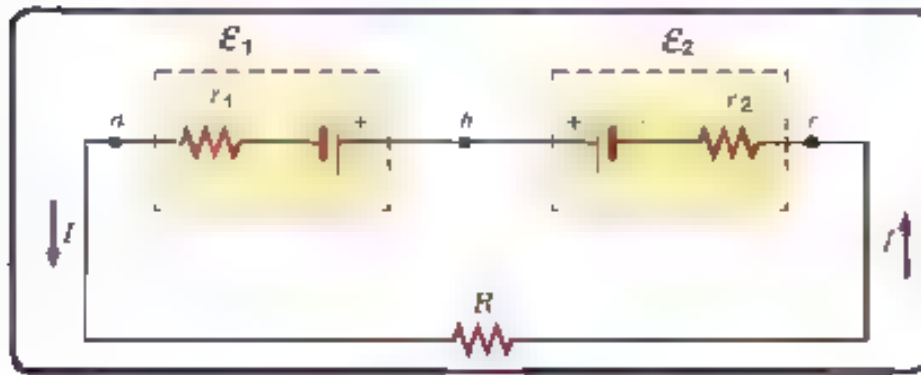
$$I = 0.9 \text{ A}$$

الدائرة في الشكل (33) احسب

التيار في الدائرة ؟

a) قيمة التيار في الدائرة ؟ b) فرق الجهد بين النقطتين a , b ؟

علماً ان : $R = 9 \Omega$, $r_2 = 2 \Omega$, $r_1 = 1 \Omega$, $\varepsilon_2 = 12V$, $\varepsilon_1 = 6V$



الحل :

الحل :

a) لتعيين اتجاه التيار في الدائرة التي تحتوي على مصدرين للقوة الدافعة الكهربائية وباتجاهين منعكسين فإن القوة الدافعة الكهربائية ذات القيمة الأكبر هي التي سنحدد اتجاه التيار ، وفي هذا المثال التيار سيكون يعكس حركة عقرب الساعة

بتطبيق القاعدة الثانية لكريشهوف (قاعدة الحلقة) ابتداءً من النقطة a وباتجاه التيار

Potential drops = potential rises

$$IR + Ir_2 + \varepsilon_1 + Ir_1 = \varepsilon_2$$

$$I(R + r_2 + r_1) = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$$

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R + r_2 + r_1}$$

$$I = \frac{12 - 6}{9 + 2 + 1}$$

$$= \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \text{ A}$$

b, احسب فرق الجهد بين القطبين a , b , بتحرك من النقطة a الى النقطة b بعكس التيار نحصل على :

$$V_a + Ir_1 + \mathcal{E} = V_b$$

$$V_a = V_b - \mathcal{E}_1 - Ir_1$$

$$V_{ab} = -6 \left(\frac{1}{2} \right) (1)$$

$$V_{ab} = -6.5V$$

يمكنك استخدام نفس الطريقة لحساب فرق الجهد بين القطبين b, c

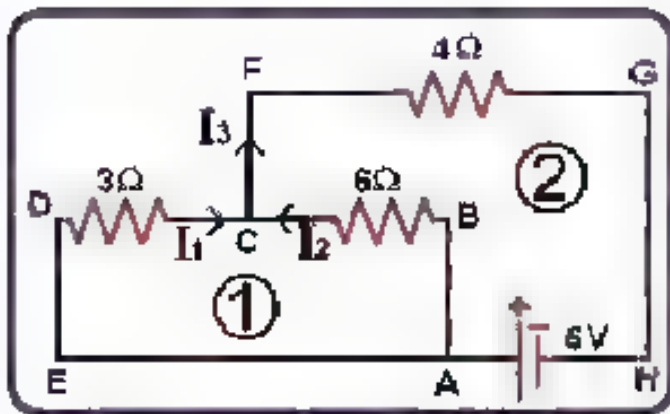
وعند الناتج (11V)

تمرين 12

في الشكل (34) ، تطبيق قواعد كيرشوف يوجد التيار - علامة بالمعومات الثلاث ؟

الحل :

نستخدم قاعدة حفظ التفرع ولكن
النقطة c



الشكل (34)

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

نطبق قاعدة الحفظ , Loop rule , ونختار الدائره السفلى , Loop1 , (ABCDEA)

$$\text{Potential drops} = \text{potential rises}$$

$$I_2(6) = I_1(3)$$

$$I_2 = \frac{1}{2} I_1 \quad (2)$$

المعادلتين (1 ، 2) نحوي على ثلاث مجهولين بمرد مصيرى فعدد الحفده (Loop rule) ثلثه وبتنار الدارة الممتعة Loop2 ، ABCFGHA ،

$$\text{Potential drops} = \text{potential rises}$$

$$I_2(6) + I_1(4) = 6 \quad (3)$$

بعد هه من بتدلى قيمه I_1 فى المعادله (1) فى المعادله (3) بنج

$$I_2(6) + (I_1 + I_2)(4) = 6 \quad (4)$$

$$\text{نعوض المعادله (2) } I_2 = \frac{1}{2} I_1 \text{ فى المعادله (4) بنج}$$

$$\frac{1}{2} I_1(6) + (I_1 + \frac{1}{2} I_1)(4) = 6$$

و بتبسط المعادله اعلاه بنج

$$I_1 = \frac{2}{3} A$$

$$I_2 = \frac{1}{2} I_1$$

$$I_2 = \frac{1}{3} A$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$I_3 = 1 A$$

أسئلة الفصل الخامس

س / اختر الاجابة الصحيحة لكل مما يأتي :-

1 سلك معدني مقاومته 1Ω ، مادة ستكون المقاومة لمثلك مصنوع ع من المادة نفسها

السلك الاول لكن يصعب الطول ونصف مساحة المقطع العرضي ؟

a 0.4Ω b 2Ω

c 0.2Ω d 4Ω

2 سلك بحس مقاومته 10Ω مادة ستكون مقاومته لو قُطع الى نصفين ؟

a 10Ω c 5Ω

b 20Ω d 1Ω

3 مدفأة كهربائية تعمل بقدرة $(1000w)$ عند عمل بقولطية $(120V)$ ماهي

القدرة الكلية المستهلكة بوساطة اثنين من هذه المدفئ عند ربطها على التوالي مع

مصدر قولطية واحد $(120V)$ ؟

a $400W$ b $500W$

c $200W$ d $1000W$

4 بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (emf) $(1V)$ ومقاومتها الداخلية (r) ما

مقدار المقاومة الخارجية (R) التي لو ربطت عبر اقطاب البطارية لسببت فرق جهد

على طرفي البطارية مقداره $2V$ ؟

a $R=1/2r$ b $R=2r$

c $R=4r$ d $R=r$

5 - وحدات $(\Omega \cdot A^2)$ تستخدم لقيس ؟

a التيار . b الطاقة .

c القدرة . d الفولطية .

6 جهاز تلفزيون يعمل بفرطية 120V ومجفف ملابس يعمل على فولتية 240V

بالإضافة إلى هذه المعطيات فقط ، أي جهاز سوف يستهلك طاقة أكبر ؟

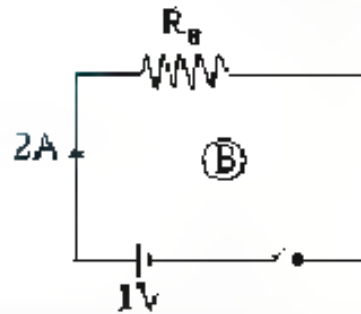
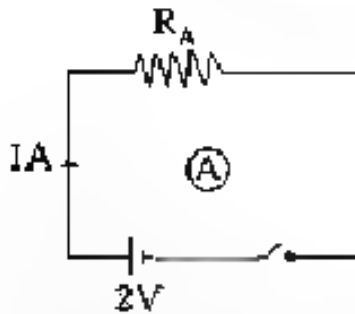
a جهاز التلفزيون b مجفف الملابس

c هذه المعلومات (المعطيات) غير كافية

7 في الدائرة A ، البطارية تجهر طاقته بفولتية ضعف التي تجهر بها الدائرة B مع ذلك نفس التيار الممر في الدائرة A هو نصف قيمة التيار في الدائرة B ، هذا يعني أن الدائرة A تحتوي على مقاومة . المقاومة في الدائرة B

a ضعف b نصف

c مساوية d أربع أضعاف



8 سلكان مصنوعان من مادة واحدة الأولى يمتلك مقاومتها 0.1Ω وطول السلك الثاني ضعف الأول ويمتلك نصف قطر نصف الأول ، فإن مقدار مقاومة السلك الثاني

a 400Ω b 0.2Ω

c 0.1Ω d 0.8Ω

9 مصباحان متماثلان مزودان بالتيار الكهربائي من بطاريين متطريين مختلفين

التيار في المصباحين مزودان على التوالي ومجموعه التيار في مزوده غير قطبي للبطارية الأولى

نفسه في المصباحين مزودان على التوالي ومجموعه التيار في مزوده غير قطبي

البطارية الثانية فإن نسبة القدرة لمجهر من بطارية في المصباح الأولى

في القدرة للمجهر في الطريقة الثانية (افرض أن المقاومة لا حصة $r = 0$)

a 1.4 b 4

c 1.2 d 2

س2/ ما الفائدة العملية من استعمال الكتلن متر في قصر دوسون عند قياس مقاومته صجونه ؟

س3/ ما المقصود بفرط الاصل الكهرتسي ؟ اذكر تطبيق واحد.

س4/ ما الفائدة العملية من جعل مقاومته للمحرك الكهرتسي المسعمل في تشغيل المنارة مساوية للمقاومة الداخلية لصيد السيرة ؟

س5/ لماذا يكون فرق الجهد على طرفي المعوم الالعله بعكس باسارنه القوة الدافعة الكهرلية ؟ للمصدر ؟

س6/ لماذا يكون فرق الجهد على طرفي بطاريه (ΔV) موجبة ضمن دائرة كهرتسيه اقل من القوة الدافعة الكهرتسيه ؟ للبطاريه

س7/ لماذا يطفئ او تنخفض شدة اضاءة مصباح السيارة الداخلي المضاء في افتاء السجل السيرة ؟

س8/ رصد البطاريات على انه الى يذو الى مادة enaf في الدارة الكهرتسيه ما هي فوائد ربطها على التوالي ؟

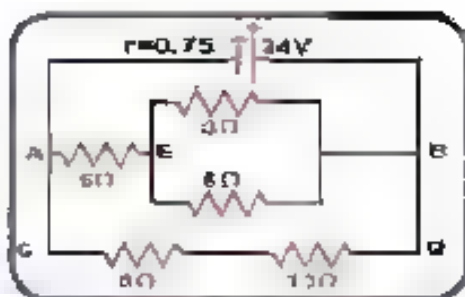
معدائل

س1/ ملف نحاسي لمحرك كهرتسي مقاومته 50Ω في درجة حرارة 20°C وبعد فترة من الزمان اصعدت مقاومته 60Ω فما مقدار درجة حرارته الجديدة؟ علما بان المعامل الحراري للمقاومة النحاس $39.3 \times 10^{-4} (^\circ\text{C}^{-1})$

س2/ بطاريه قوتها الدافعة الكهرتسيه 13V وفرق سطح بين اقطابها 12V عندما يحتر معومته حمل خارجي R يقدره 24W احسب :

a. مقدار المقاومته R

b. مقدار معومته الداخلية لبطاريه r



س3/ في الشبكة الكهرتسيه بمجه ه احسب :

a. المقاومته الحاحيه

b. تيار الدوره الكلي (تير العبدية)

c) الجهد المصانع (فيكون الجهد) في المصباح

d) فرق الجهد عبر المصباح

e) التيار المار في كل مقاومة

س4: في الشكل المجاور، مصباح أبيض يمر به تيار $0.4A$ بولطية $3.0V$



a) حسب معلومة فرق الجهد

b) مقدار التيار المار بالمصباح

c) لطيفه الكهربية للمصباح

في المصباح حلت مدة 5.5 minutes من التشغيل

س5: في الدارة الكهربية المجاورة

المعروفة $R = 4\Omega$ مريو صه على الخواص مع بطاريين

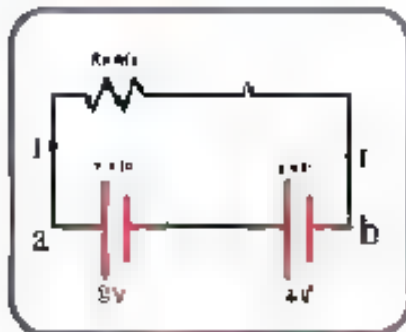
$4V, 8V$ ، في علم لـ $r = 1\Omega, r_2 = 1\Omega$

جد

a) تيار الدارة

b) فرق الجهد بين المصباحين (a, b) عند غمر الدارة

c) فرق جهد بين البطاريين (a, b) عند فتح الدارة



س6: في الشكل المجاور $\epsilon_1 = 1V, R_1 = 5\Omega$

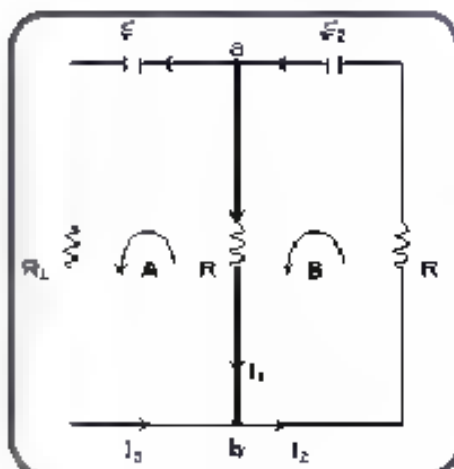
$\epsilon_2 = 3V, R_2 = 2\Omega, R_3 = 4\Omega$

a) احسب قيم لسان الدارة في فروع الشبكه

الكهربية للمصباح

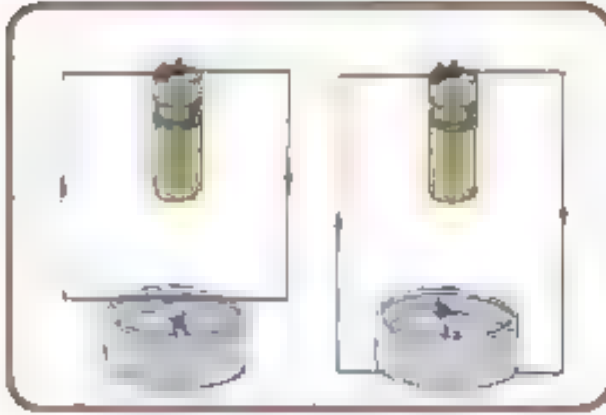
b) احسب فرق جهد بين المصباحين

(Vab), (b), (a)



Magnetism المغناطيسية

10



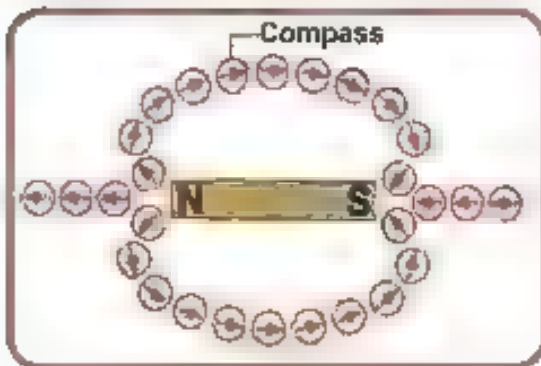
الشكل (1)

تعلمت سابقاً أن لشحنات كهربائية الساكنة مجالاً كهربائياً تؤثر فيه على الشحنات الكهربائية الأخرى بقوة كهربائية. فإذا تحركت الشحنات الكهربائية تولد تيار كهربائي، تعرفت على خواصه وقد اكتشف العالم أورستد عام 1820م أثناء تجربة بالغة الأهمية لاحظ الشكل (1) أن للشحنات الكهربائية المتحركة تأثيراً آخر، لاحظ تأثير

إبرة مغناطيسية (بوصلة) في حيار كهربائي يسري في سلك قريباً مما دفعه للسؤال هل ينشأ عن التيار الكهربائي مجال مغناطيسي؟ كيف يمكن وصف هذا المجال من حيث المقدار والاتجاه؟ هل يختلف مقدار المجال المغناطيسي باختلاف شكل السلك الذي يسري فيه التيار؟ هذه الأسئلة وغيرها ستمكن من الإجابة عنها بعد دراستك لهذا الفصل.

أما سلك يمر بتيار يسري من جهة الشمال إلى جهة الجنوب، فسيكون اتجاه التيار كما يلي:

المغناطيسية في شحنة كهربائية متحركة في تلك الحيز.



الشكل (2)

يعبر عن شدة المجال المغناطيسي عند نقطة ما بكثافة الفيض المغناطيسي في تلك النقطة ونقل كلما ابتعدنا عنها، ويرمز إليه بالرمز (B) ويكون للمجال المغناطيسي مقدار واتجاه محدد عند كل نقطة في المنطقة المحيطة بالمغناطيس. إن اتجاه المجال المغناطيسي في أية نقطة في الفراغ هو الاتجاه الذي تتحده إبرة البوصلة عند هذه النقطة، لاحظ الشكل (2).



يمثل المجال المغناطيسي خطوط مغلقة ولها
يمكن الحصول على قطب
مغناطيسي مغروء شمالي أو
جنوبي ، وتسمى هذه الخطوط
بخطوط القوة المغناطيسية
أو اتجاه المجال المغناطيسي عند

الشكل (3)

فيه نقطة من المجال هو اتجاه خط القوة المغناطيسية نفسها المار من تلك النقطة كما أن عدد
خطوط القوة المغناطيسية التي تعبر وحدة المساحة العمودية على اتجاه الخطوط هي كثافة
الفيض المغناطيسي وهي كمية منحته باتجاه المجال المغناطيسي أما عدد الخطوط الكلية التي
تتدفق من ذلك المجال فتسمى بالفيض المغناطيسي (Φ) magnetic flux أي تلك للمساحة ، لاحظ
الشكل (3)

و وحدة قياس الفيض المغناطيسي (Φ) في نظام دولي لقياس (SI) هو وبرا Weber
أو ماكسويل Maxwell .

$$\text{Weber} = 10^8 \text{ Maxwell}$$

وتعبر كثافة الفيض المغناطيسي (B) بعدد خطوط القوة المغناطيسية بوحدة المساحة التي
تخترق المجال المغناطيسي بصورة عمودية، وفي العلاقة الآتية:

$$\text{magnetic flux density (B)} = \frac{\text{magnetic flux } (\Phi)}{\text{area (A)}}$$

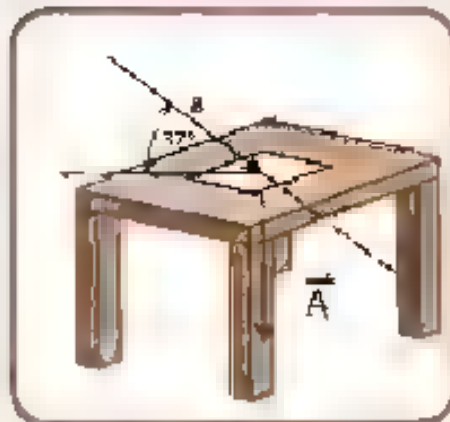
$$\vec{B} = \frac{(\Phi)}{(A)}$$

أو وحدة كثافة الفيض المغناطيسي (B) هي (weber / m²) وتسمى (T) Tesla ، أما وحدة

الفيض المغناطيسي (Φ) تسويي (weber) (T m²) وتسمى Weber ، يكتب
بختصر (wb) ، الجدول 1) بين المقادير التقريبية لكثافة الفيض المغناطيسي

| جدول 1: بعض المقاييس التقريبية لشدة المجالات المغناطيسية | |
|--|--|
| مقياس المجال المغناطيسي | القيمة التقريبية |
| Tesla | |
| 30 | مغناطيس كهربائي قوي يتولد من تيار أمبير في سلك قائمة الموصلات تحت ضغط حرارة منخفضة جداً |
| 2 | المغناطيس المستخدم في وحدة التصوير بالأشعة (MRI) ويسمى جهازاً بالرنين المغناطيسي |
| 10^{-6} | سلك مغناطيسي |
| 10^{-4} | سلك التلم |
| 0.5×10^{-4} | سطح الأرض |
| 10^{-7} | سلك مع الأساس (بنية الفيزياء الأساسية) |

ورقة مسطحة الشكل أبعادها



، $21.5\text{ cm} \times 28\text{ cm}$ موضوعة على منصة أفقية
لاحظ الشكل (4) ، حسب مقدار الفيض المغناطيسي
(Φ) ، املأ حالي الوترية من المجال المغناطيسي الأرضي
الموجعي الذي يسوي $5.31 \times 10^{-6} \text{ T}$ ، ويؤثر بتجاه يصنع
زاوية قياسها 37° مع الأفق.

الحل:

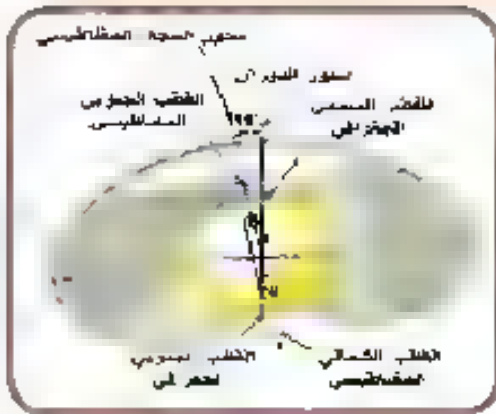
الشكل (4)

إن المجال المغناطيسي يمكن أن يعد مستظماً على مسوي
مساحة الورقة ، ويمكن أن حذر مسحة المساحة لسطحه لورقة تكون نحو الأسفل ، لأنك في
قياس الزاوية بين \vec{B} ومسحة المساحة \vec{A} يسوي 53° ، بتطبيق العلاقة التالية نحصل على
الفيض المغناطيسي :

$$\Phi = BA \cos \theta$$

$$\Phi = (5.31 \times 10^{-6} \text{ T}) (0.215 \text{ m} \times 0.280 \text{ m}) \cos 53^\circ$$

$$\Phi = 1.92 \times 10^{-6} \text{ T m}^2$$

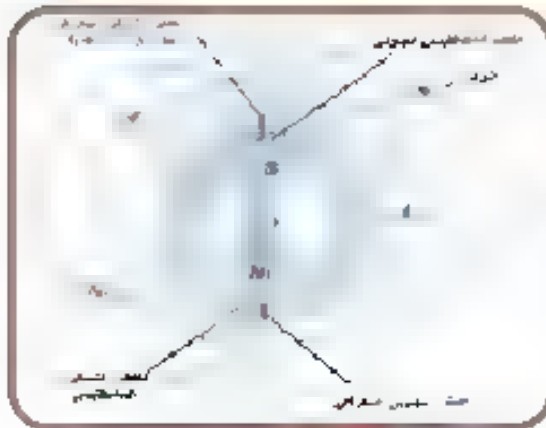


شكل (5)

لو تمينا الشكل (5) يظهر سافل المجال المغناطيسي للكرة الأرضية وكأنه سق مغنطيسية عملاقة مدفونة في باطن الأرض و القطب الجغرافي للمغناطيسي يقع بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي و القطب الشمالي للمغناطيسي يقع بالقرب من القطب الجنوبي الجغرافي، أي أن المحور المغناطيسي للكرة الأرضية يتحرك قليلاً عن المحور الجغرافي للكرة الأرضية بحوالي 11° .

من قطع

إن محاور الجسيمات مثل الصخور سينتشر المجال المغناطيسي للكرة الأرضية كدليل نهائي لكاء هجرتك من مكان إلى آخر

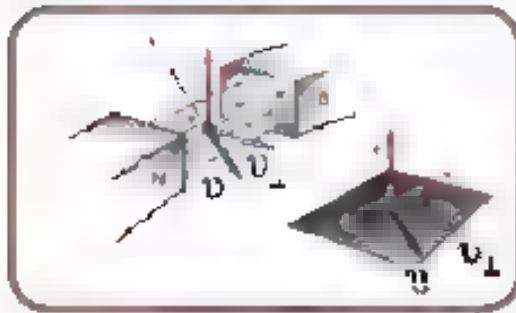


شكل (6)

لو جعلنا محور الأرض المغناطيسية أفقياً لاحظ الشكل (6) فالأرض يمكن الدوران بحرية بمستوى شافولي وعد وضع هذه الأرض فوق خط التطين المغناطيسين (الشمالي أو الجنوبي) نجد أن الأرض ستدور بوضع شافولي (أي تضع زاوية قياسها 90° مع خط الأفق) وعند نقل (أرضة إلى خط الاستواء المغناطيسي فإن قياس هذه الزاوية يكون صفراً وتسمى الزاوية بين مستوى الأرض والمغناطيسية وخط الأفق - و زاوية الميل المغناطيسي **dip angle**.

وبتغير مقدارها بين 0° و 90° ولو جعلنا محور الأرض المغناطيسية شافولياً والأرض يمكنها الدوران بحرية بمستوى شافولي فحينئذ تصطف تماماً مع الزوايا المغناطيسية، وتسمى الزاوية المحصورة بين خط الزوال المغناطيسي والمحور الجغرافي بزاوية الانحراف المغناطيسي ويكبر مقدارها في مناطق محددة بمسوتي 0° و 180° ويسمى الخط المر بالخط الذي تكون عندها زاوية الانحراف 0° و خط الانحراف 180° .

عد وضع شحنة حثيرة (q) ساكنة على عضة في منتصفه مجال مغناطيسي وجد عمليا ان القوة المعطانية المؤثرة فيها صفر او ولكن اذا تحركت الشحنة الاحثارية (q) بسرعة v حائل المجال للمغناطيسي الذي كثافته فيصه (B) باتجاه عمودي عليه فانه تتأثر بقوة عمودية على اتجاه السرعة v ويلاحظ من الشكل (7) ان القوة المعطانية (F) عمودية على المساري الذي يحتوي v و (B) التين تكون الزاوية بينهما θ وتعطي بالعلاقة الآتية



$$(\vec{F}) = |q.v \times (\vec{B})|$$

ومقدارها هو :

$$F = |q.v \times B \sin \theta|$$

ا) مقدار القوة المعطانية (F) يتقلب مع

$(\sin \theta)$ اذ ان θ تمثل الزاوية بين اتجاه حركه

الشحنة v واتجاه المجال (B) .

وعليه تكون القوة المعطانية في مقدارها

لاعظم عندما تكون $\theta = 90^\circ$.

ب) اتجاه القوة المعطانية (F) يحده قاعدة

الكف اليمنى التي تضع على انه يدور .

اصنع بكف اليمنى هذا الانهم من اتجاه السرعة

v للشحنة الموجهة نحو كثافة الفيض (B) .

من اوجه حادة θ فاجاه الإبهام يشير الى اتجاه القوة

المعطانية (F) . كما موضحة في الشكل (7) .

(a, b, c)

ومن الجدير بالذكر انه اذا كانت الشحنة المتحركة

سالبة في القوة (F) يسكور فيها للمقدار نفسه ولكن

بالا اتجاه المعاكس .



أ) شحنة متحركة في مجال

للمغناطيسي B والقوة

للمغناطيسية = صفر



ب) شحنة متحركة بزاوية θ مع المجال

المغناطيسي B والقوة المعطانية

$$F = q.v B \sin \theta$$



ج) شحنة تتحرك عموديا على المجال

المغناطيسي B والقوة المعطانية

$$F_{\max} = q.v B$$

الشكل (7)

بروتون (شحنة كهربائية موجبة) يتحرك بسرعة $5 \times 10^6 \text{ m/s}$ مسارات مجالاً مغناطيسياً قيمته 0.4 T تجاهه يصنع زاوية 30° مع اتجاه سرعة البروتون . عذ أن الشحنة الموجبة للبروتون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ حدد .
 ا) مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون .

ب) تمثيل البروتون علماً أن كتلته $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

الحل /

ا) عذ أن واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون

$$F = |q| v B \sin \theta$$

$$F = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) (5 \times 10^6 \text{ m/s}) (0.4 \text{ T}) \sin 30^\circ$$

$$F = 1.6 \times 10^{-13} \text{ N}$$

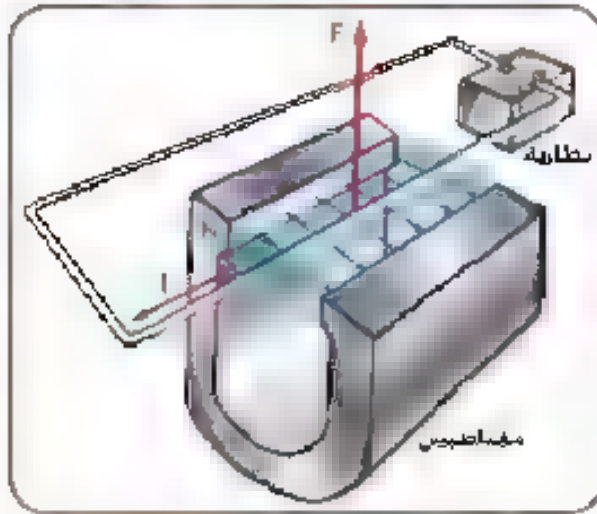
اتجاه القوة المغناطيسية باتجاه الأعلى حسب قاعدة الكف اليمنى

ب) لحساب معجل البروتون نطبق القانون الثاني لنيوتن

$$a = \frac{F}{m_p}$$

$$a = \frac{1.6 \times 10^{-13} \text{ N}}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}} = 9.6 \times 10^{13} \text{ m/s}^2$$

ان الكبر الكهرسي المرف في ملك مصوغ من مائة موصلة طولها l ، وسياحه معطها A ، يمر فيها تير كهرسي I ، والملك موصوعة في منطقة مجال معطيسي B ، لاحظ الشكل (8) .



الشكل (8)

تتحرك السحات داخل مادم الموصل بمرعه سمي سرعة الانجراف (v_d) ، عندما تحرك سحبه حلال مجال معطيسي فإن القوة المؤثرة فيها تحسب من العلاقة التالية :

$$F = q_n v_d B \sin \theta$$

وليجاد القوة المعطيسيه التي تؤثر في السحت نعبر عن وجود سحات كهرسيه متحركة في الملك و N عدد تلك السحات هو (NAL) ، ان (N) هو عدد سحات

له حده الحجم V عليه تكون القوة المعطيسيه الكلية تعطى بالعلاقة التاليه .

$$F = q_n v_d B NAL \sin \theta$$

$$v_d = \frac{I}{NqA}$$

وان سرعة الانجراف :

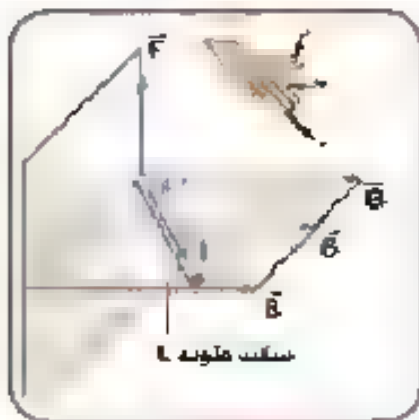
بالنعويض عن سرعة الانجراف نحصل على العلاقة التاليه

$$F = I L B \sin \theta$$

وعند تكون القوة عموديه على السرعة فإن $\theta = 90^\circ$ ، $\sin 90^\circ = 1$ فتكون القوة في قيب العظمى ، ان

$$F = I L B$$

تتعب هذه القوة عند يكون اتجاه التيار موازياً لمجال المعطيسي $(\theta = 0^\circ)$ كما يمكن تحديد اتجاه القوة المعطيسيه بطيرق عدة الكف التالي لاحظ الشكل (9)



الشكل (9)

سلك طوله 0.5m وصنع بصورة عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي المنتظم ،
وعندما انساب فيه تيار كهربائي مقداره (20A) أثرت فيه قوة مقدارها (3N) جد مقدار كثافة
الفيض المغناطيسي (B) المسلط على السلك ؟

الحل /

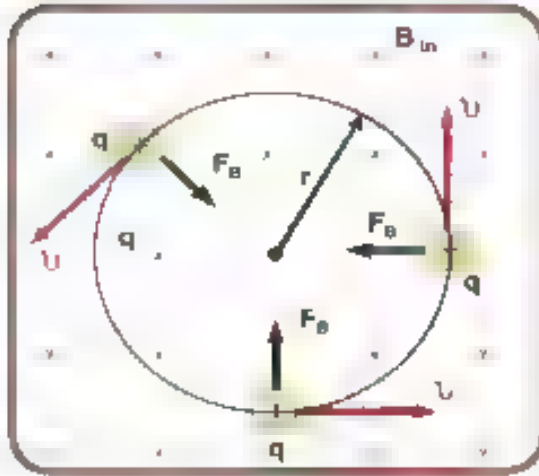
$$F = I L B \sin\theta$$

$$\sin 90^\circ = 1 \quad \text{فإن} \quad \theta = 90^\circ \quad \text{بما أن}$$

$$\therefore F = I L B$$

$$B = \frac{F}{I L} = \frac{3\text{N}}{(20\text{A})(0.5\text{m})} = 0.3 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

$$B = 0.3 \frac{\text{wb}}{\text{m}^2} = 0.3\text{T}$$



الشكل (10)

عندما يتحرك جسيم موجب الشحنة $(q+)$ في مجال مغناطيسي منتظم بانطلاق (v) وباتجاه عمودي على المجال المغناطيسي ، وعلى قرص أو اتجاه المجال المغناطيسي داخل الصفحة (\otimes) كما في الشكل (10) فإن الجسيم يتحرك في مسار دائري يقع في مستوي عمودي على المجال المغناطيسي (B) والقوة المغناطيسية (F_B) العمودية على كل من B ، v يكون مقدارها ثابت يساوي (qvB) لاحظ الشكل (10) ويكون

اتجاه الدوران عكس دوران عقارب الساعة إذا كانت الشحنة (q) موجبة ، وإذا كانت الشحنة (q) سالبة يكون اتجاه الدوران مع دوران عقارب الساعة . ولإيجاد نصف قطر المسار الدائري (r) سوب مستعين بمفهوم القوة المركزية (F_c) والتي هي القوة المغناطيسية التي تعمل على حفظ الشحنة في مسارها الدائري وكما يأتي :

Centripetal force = magnetic force

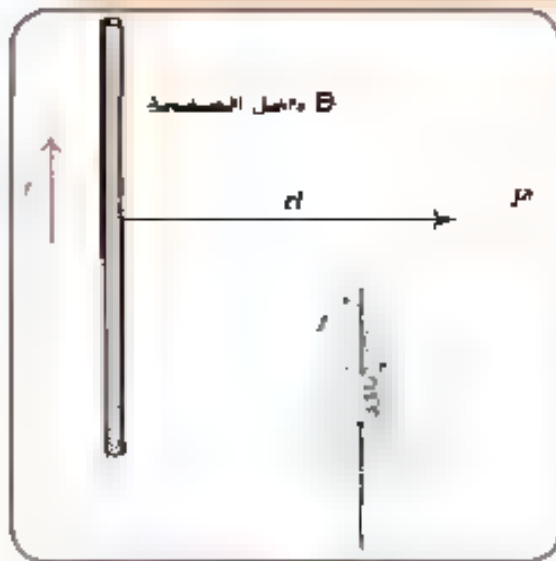
$$F = \frac{mv^2}{r}$$

$$F = qvB$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

أي أن نصف قطر المسار الدائري (r) يتناسب طردياً مع الزخم الخطي (mv) للجسيم ، عكسياً مع مقدار شحنة الجسيم وكثافة الفيض المغناطيسي.



شكل 11

بعد فترة قصيرة μ من اكتشاف أورستد (1820) أن ييرة البوصلة تحرف بتأثير المجال المغناطيسي لموصل يحمل تيار ، توصل العالمان ديايوي وسافران من طريق محار - معزده على القوة لمدوله بواسطة تيار كهربائي ينساب في سلك على معاصيين موصوع بالقرب من السلك ، ومع الحصول على تيار رياضي يغطي المجال المغناطيسي عند نقطه ما في الفراغ بالقرب من السلك بدلالة التيار الكهربائي المنسب لهذا المجال حسب قانون بايوت وسافران

د ، B يمتد على r مقدار B في أي نقطة على المسار في الفراغ في هذه على بعد r من سلك حركه I (لاحظ الشكل 11) يغطي r في العلاقة

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \text{أولية}$$

أن μ_0 هو مقدار ثابت يسمى بنسبه الفرغ μ_0 Permeability ، وقيمه

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{wb}{A \cdot m}$$



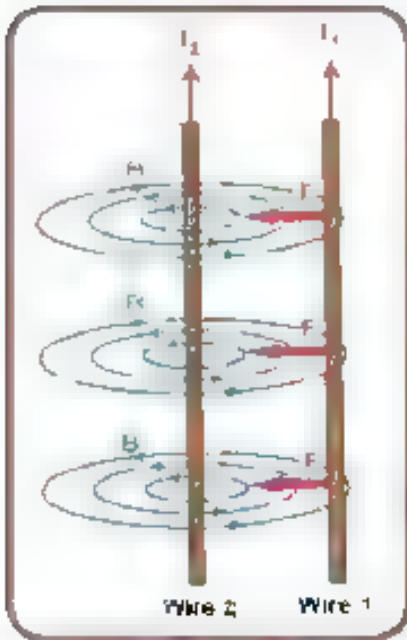
ما مقدار كثافة الحقل المغناطيسي على بعد 3 m من سلك مستقيم طويل يحمل تياراً مستمرًا قدره 15 A .

الحل /

بتطبيق قانون أمبير وبمخارقات نحصل على *

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15}{2\pi \times 3} \\ &= 1 \times 10^{-6} \text{ T} \\ \therefore B &= 1 \times 10^{-6} \text{ T} \end{aligned}$$

يبين الشكل (12) سكتين موصلتين مستقيمتين متوازيين طويلتين وتفصل بينهما مسافة قدرها r : السلك الأول يحمل تياراً قدره (I_1) ، ولما السلك الثاني يحمل تياراً قدره (I_2) ، بالانحاء نفسه .



الشكل (12)

إن التيار المتدفق في السلك الثاني (I_2) يولّد مجالاً مغناطيسياً كثافته (B_2) على السلك الأول ، من ملاحظته الشكل (13) نجد أن اتجاه (B_2) يكون عمودياً على السلك الأول ، وبما مقدار كثافته الفيض المغناطيسي (B_2) من العلاقة الآتية :

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$$

ويمكن حساب القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك الأول ، في حيز المسار المغناطيسي (B_2) الذي يولّده التيار (I_2) كالآتي :

$$F_1 = B_2 I_1 L$$

وبالتعويض عن (B_2) بما ذكره نحصل على

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} L = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} L$$

وبالمثل نستطيع ان نحصل على النتيجة نفسها لو حسبنا مقدار القوة F_2 المؤثرة في الطول (L) من السلك الثاني، التي ستكون اتجاهها نحو السلك الأول أي معكس اتجاه (F_1) وهكذا نجد أن القوة المعاصمية الناتجة هي قوة متبادلة بين السلكين وتكون قوة جذب عندما يكون التيار المتدفق في السلكين باتجاه واحد أما إذا كان اتجاه التيار في السلكين بصورة معاكسة فإن القوة الناتجة ستكون قوة دافعة

ويمكنك عزيزي الطالب ان تتحقق من ذلك بنفسك على صورة ما ذكرنا به سواء كانت قوة تفاعل أم قوة تجاذب فإن مقدار هذه القوة لوحدة الطول في السلك سيكون

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

وإن فكرة التجاذب بين سلكين طوليين متوازيين قد استعملت لتحديد تعريف وحدة التيار الكهربائي وحسب النظام الدولي للوحدات هي **(Ampere)** ، فإذا عوصنا عن قيمة كل من التيار في المعادلة أعلاه 1 Amp و r فالبعد r بين السلكين المتوازيين 1 m وعن تعويمه القوة F نحصل على :

$$\frac{F}{L} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(1)(1)}{(2\pi)(1)} = 2 \times 10^{-7} \text{ N/m}$$

واستناداً إلى هذه النتيجة المستخرجة يعرف **Ampere** كما يلي هو ذلك التيار الذي إذا مر في كل من سلكين متوازيين طوليين البعد بينهما 1 m وموضوعين في الفراغ لتجذب بينهما قوة متبادلة قدرها لوحدة الطول $2 \times 10^{-7} \text{ N m}$

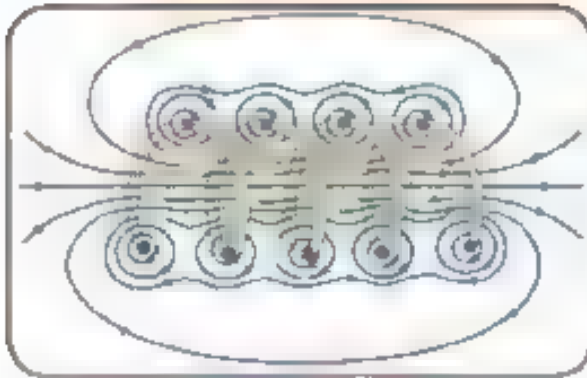


شكل 13

عندما يكون $I_1 = 2 \text{ A}$ ، $I_2 = 6 \text{ A}$ في

الشكل 13، أي من التالي صحيح

$$a, F_1 = 3F_2 \quad b, F = \frac{F_2}{3} \quad c, F_1 = F_2$$



شكل (11)

سوف ندرس أن الملف التوليقي هو سلك طويل ملفوف بشكل حلقات متوالية، وإذا انسحب نيار كهربي في الملف فإنه يعمل عمل سلك ممغنطه إذا يكون له قطبين أحدهم شمالي (N) والآخر جنوبي (S)، يدخل فيه خطوط القوة المغناطيسية مكونة دويرها داخل الملف مساره المغلق داخل الملف وخارجه ويأخذ طريقاً مكرراً لاحظ

الشكل (14)

ويكون كثافة الفيض المغناطيسي B في داخل الملف مستقيمة وأكثر مما هي عليه خارجه ويحدد حساب كثافة الفيض المغناطيسي B داخل ملف توليقي طويل ذو العلاقة الآتية

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

أما N تمثل عدد لفات الملف، I تمثل التيار، L يمثل طول الملف، B تمثل كثافة الفيض المغناطيسي داخل الملف ويمكن كتابة المعادلة المذكورة في شكل مايلي

$$B = \mu_0 nI$$

حيث $n = \frac{N}{L}$ عدد اللفات لوحه الطول

من الجدير بالذكر أن المعادلة الأخيرة صالحة فقط في حالة النقاط القريبة من محور الملف البعيد عن النهايتين، بحيث توليقي طويل جداً، ويكون المجال بالقرب من النهايتين اصغر من المقدار الذي يعطيه المعادلة الأخيرة

سؤال

تتمتع حركات حثثية زبدك خفيف يفر من الخو به، ماذا تنقو الترسبات في المسقف

والنسب فيه تيار كبير، لتتقارب به حثثاته معاً، ثم تنقو عد عن بعضها ؟ ولماذا ؟

ملف أسطوانتي قلبه هوائي و عدد لفاته (N) تسوي 100 لفة وطوله 20cm يحمل تياراً قدره 4A مع كثافة الفيض المغناطيسي (B) عند محور الملف .

الحل /

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{wb}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

$$\therefore B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{100 \times 4}{0.2}$$

$$B = 2.5 \times 10^{-3} \frac{\text{wb}}{\text{m}^2}$$

$$B = 2.5 \times 10^{-3} \text{ Tesla}$$



الشكل (15)

سبق أن أوضحنا ، كيف تؤثر القوة المغناطيسية في موصل ناقل للتيار الكهربائي عندما يكون هذا الموصل ضمن مجال مغناطيسي خارجي منتظم وفي حالة وجود ملف بشكل مستطيل مستواه يوازي خطوط المجال المغناطيسي المنتظم (B) ينساب فيه تيار كهربائي (I) ، ومن ملاحظتنا للشكل (15) نجد أن كثافة الفيض المغناطيسي المنتظم B بموازاة الصلعيين (1 ، 3) من الملف المستطيل الشكل وبذلك

لا تؤثر قوة مغناطيسية في الصلعيين (1، 3) ، الرأوية بين متحه B واتجاه التيار - صغير - بينما نجد أن القوى المؤثرة في الصلعيين (2 ، 4) تكونان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه لذلك فإن الملف ينثر بهذين القانونين المتوازنين (F₂ ، F₄) والعموديتين على الصلعيين ومقدار كل منهما يساوي:

$$\mathbf{F} = I \mathbf{L} \mathbf{B}$$

$$\mathbf{F}_2 = \mathbf{F}_4 = I a \mathbf{B}$$

والمسافة العمودية بينهما يسوي عرض الملف الذي يسري (b) عند هاتين السطحين المعروفين \mathbf{F}_2 و \mathbf{F}_4 يعطى:

$$b, \text{Lever arm} \times \text{Magnitude of force}, \mathbf{F}, \text{Torque } (\tau)$$

لذا العزم الكلي (τ_{total}) على الملف و الناتج عن القوتين $(\mathbf{F}_2 \times \mathbf{F}_4)$ هو

$$\tau_{\text{total}} = F_2 \times \left(\frac{b}{2}\right) + F_4 \times \left(\frac{b}{2}\right) = (I a B) \times \left(\frac{b}{2}\right) + (I a B) \times \left(\frac{b}{2}\right)$$

$$\tau_{\text{total}} = I(a b) \times B$$

حيث أن a, b مثلان طول و عرض الملف وحاصل ضربيهما يسوي مساحة الملف ، أي أن

$$A = ab$$

$$\tau_{\text{total}} = I A B$$

وإذا كان عدد لفات الملف يسوي N فإن العزم الكلي (τ_{total}) يسوي

$$\tau_{\text{total}} = B I A N$$

ويسمى المقدار $(A N I)$ عزم ثنائي القطب المغناطيسي μ ، أي كميته متجهية و اتجاهه عمودي على لمساحة A لاحظ الشكل (16) ، وإذا كان مسدود الملف مثلاً على خطوط الفيض فإن عزم المزدوج يساوي

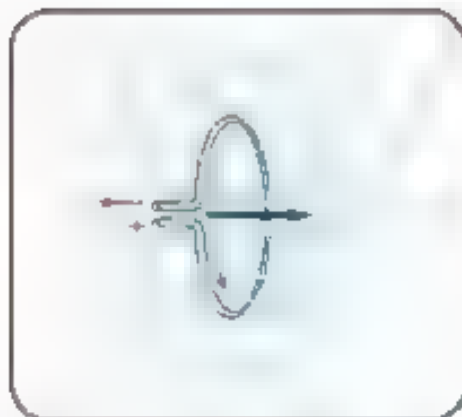
$$\tau = B I A N \sin \theta$$

وإذا كان مسوي الملف عمودياً على خطوط الفيض

المغناطيسي فإن عزم المزدوج = صفر

$$\text{أي } \theta = 0$$

حيث θ هي الزاوية المحصورة بين العمود على مسوي الملف و خطوط الفيض المغناطيسي



الشكل (16)

ملف سلكي مساحته $2.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ متكون من 100 لفة يساق فيه تيار مقداره (0.045 A) وضع الملف في مجال مغناطيسي منتظم كثافة الفيض (0.15 T) ما مقدار اعظم عزم يمكن للمجال المغناطيسي ان يسلط على الملف

الحل:

اعظم عزم يمكن للمجال المغناطيسي ان يسلط على الملف عندما تكون $\theta = 90^\circ$

$$\sin 90^\circ = 1$$

$$\tau = (N I A) (B \sin \theta)$$

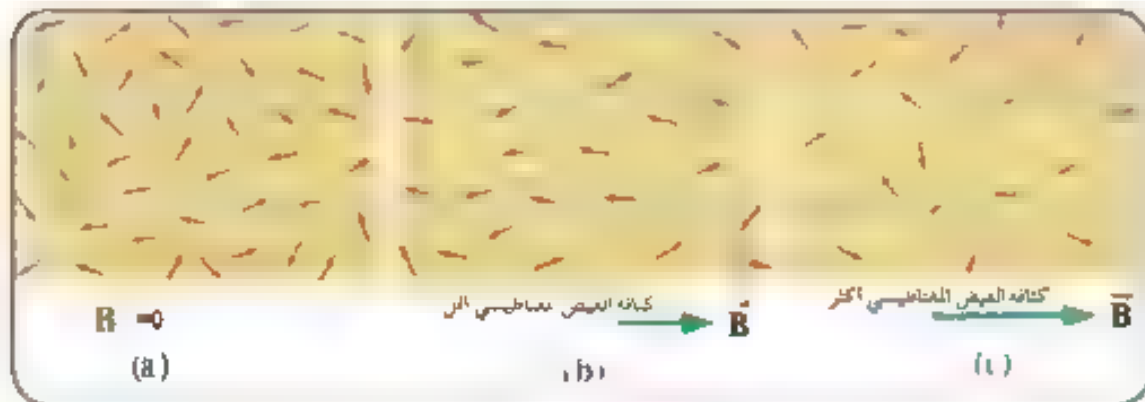
$$\tau = (N I A) (B \sin 90^\circ)$$

$$\tau = 100 \times 0.045 \times 2 \times 10^{-4} \times 0.15 \times 1$$

$$\tau = (9 \times 10^{-4} \text{ A} \cdot \text{m}^2) (0.15) \times 1$$

$$\tau = 1.35 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}$$

لو وضعنا ساق من مادة فيرومغناطيسية (مثل الحديد) في جوف ملف، فانها ستمعبط في حالة انسداد تيار كهربائي مستمر في الملف، وسحب المغناطيسية التي تكسبها ساق الحديد يعود لإحتواء الحديد على معانط صغيرة جداً كل منها يتكون من مجموعة دايبولات (ثنائية القطب) تسمى دومين تصطف عرومها باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي لاحظ الشكل (17)



الشكل (17)



الفكر (19)

و عند رسم مخطط بيني بير كثافته للعنصر
المعاطيسي الحار جي (B_0) الذي وُلد النياز
الكهربي و كثافته للنقص المعاطيسي المعنود هي
المدة (B) بتأثير المجال المعاطيسي (B_0) « د. م. »
كسلة لحظ الشكل 18 ، يحصل على محتوى
مطلوب يسمى حلقة الهسوز المعاطيسيه أو
منحني لخطاف المعاطيسي

في البدء يكون سائل الحديد غير ممغنطة عند النقطة x ، $B = 0$ ، $B_n = 0$ ، x تكون كل من

وبما زيادة مقدار التيار المسبب في الملف تدركه الفيسر المغناطيسي الخارج (B_0) كذلك تدرك كثافة الفيض المغناطيسي في المادة (B) حتى بعد حالة التبع المغناطيسي عند (b) وبانقاص مقدار التيار إلى الصفر نصل إلى نقطة (c) التي عندها تكون $(B_0=0)$ ولكن نجد في المجال المغناطيسي (B) يبقى ريثما في المادة ولا يقل إلى ولا يزال للمغناطيسية المتبقية في المادة (B) بعكس اتجاه التيار فيعكس اتجاه المجال المغناطيسي الخارج (B_0) حتى نزيل بعد النقطة (d) وفي حالة الاستمرار في زيادة التيار لزيادة المعاكس (B_0) حتى نصل للنقطة (e) وهي حالة التشبع المغناطيسي في المادة في الاتجاه المعاكس، ثم نفصل التيار ونصل (f) ثم نعيد التيار إلى اتجاهه الأصلي وهكذا حتى نصل إلى الحلقه، ليكن معلوماً أن حلقه الهستيريسيس لمغناطيسية الفولاذ الصلب تكون عرضية وذات مساحة كبيرة، وأن من التخميد لمغناطيسي في الفولاذ كبيراً، بينما للحديد المطبوع يكون حلقه الهستيريسيس لمغناطيسية رقيقة وذات مساحة صغيرة وهذه يعني أن الفولاذ الصلب يحتفظ بالمغناطيسية المعكوسة لأمد أطول من روال المجال المغناطيسي المؤثر، بينما للحديد المطبوع يكتب للمغناطيسية بسرعة وبسهولة بعد إزالة المجال المغناطيسي المؤثر فهو لا يحتفظ بمغناطيسية المكتسبة بعد إزالة المجال المغناطيسي المؤثر.



أسئلة الفصل الخامس

س 1

اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1، ينشأ المجال المغناطيسي من :

- a، ذرات الحديد .
b، الشحنة الكهربائية الساكنة .
c، مواد دابا مغناطيسية
d، الشحنة الكهربائية المتحركة .

2، لرسم خطوط القوة المغناطيسية لمجال مغناطيسي معين يتطلب معرفة :

- a، إتجاه المجال المغناطيسي فقط .
b، مقدار المجال المغناطيسي فقط .
c، مقدار وإتجاه المجال المغناطيسي معاً .
d، المصدر المسبب للمجال المغناطيسي .
3، عند رسم خطوط القوة المغناطيسية، فإن المنطقة التي يكون فيها المجال بأكبر مقدار هي

المقطبة التي تكون فيها :

- a، خطوط القوة المغناطيسية متقاربة جداً من بعضها .
b، خطوط القوة المغناطيسية متباعدة جداً من بعضها .
c، خطوط القوة المغناطيسية متوازية فقط .
d، جميع هذه الاحتمالات .

4، يتناسب تيار كهربائي مستمر في أحد خطوط نقل القدرة للكهربائية بإتجاه الشرق، يكون إتجاه المجال المغناطيسي تحت السلك بإتجاه :

- a، الشمال .
b، الجنوب .
c، الشرق .
d، الغرب .

5، كثافة الفيض المغناطيسي B في نقطة تبعد بالبعد r عن سلك طويل يحمل تياراً كهربائياً تتناسب مع :

- a، r .
b، r^2 .
c، $\frac{1}{r}$.
d، $\frac{1}{r^2}$.

6، مقدار كثافة الفيض المغناطيسي داخل ملف لولبي:

a، صفراً .

b، منتظمة بخطوط مستقيمة .

c، تزداد كلما ابتعدنا عن المحور .

d، تنقص كلما ابتعدنا عن المحور .

7، إذا تحركت شحنة كهربائية بسرعة \vec{v} وباتجاه عمودي على خطوط القوة المغناطيسية

لمجال مغناطيسي منتظم فإن هذا المجال سيعمل على تغيير :

a، مقدار الشحنة .

b، كتلة الجسم المشحون .

c، اتجاه سرعة الشحنة .

d، الطاقة الحركية للشحنة .

8، وضع سلك موصل يحمل تياراً كهربائياً داخل مجال مغناطيسي منتظم وكان اتجاه التيار باتجاه المجال المغناطيسي نفسه، فإن السلك :

a، سيتأثر بقوة مغناطيسية تعمل على تحريكه بموازاة خطوط المجال المغناطيسي .

b، سيتأثر بقوة مغناطيسية تعمل على تحريكه عمودياً على خطوط المجال المغناطيسي .

c، سيتأثر بعزم مزدوجة يعمل على تدويره حتى يقف عمودياً على خطوط المجال المغناطيسي .

d، لا يتأثر بقوة ولا يتأثر بعزم .

9، ما مقدار الشغل الذي يتجزه مجال مغناطيسي منتظم في شحنة كهربائية متحركة

بسرعة v باتجاه عمودي على خطوط المجال .

10، قرب القطب الشمالي لمغناطيس من بالون من المطاط منفوخ ومنلوك بالصوف

(شحنة سالبة) ومعلق بخيط، هل أن البالون سينجذب أم سيتنافر أم لا يتأثر

بالمغناطيس؟ ولماذا؟

11، عيّن اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم المشحون المبين في الشكل (19)، عند

دخوله المجال المغناطيسي المنتظم لكل

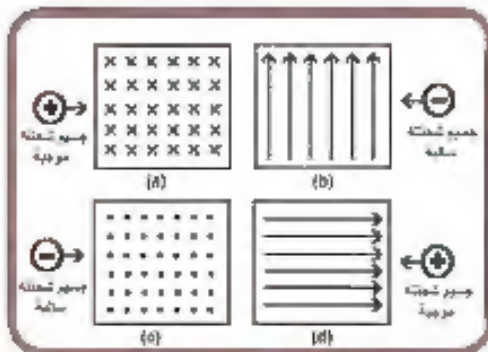
حالة من الحالات الآتية :

a، جسم شحنته موجبة .

b، جسم شحنته سالبة .

c، جسم شحنته سالبة .

d، جسم شحنته موجبة .



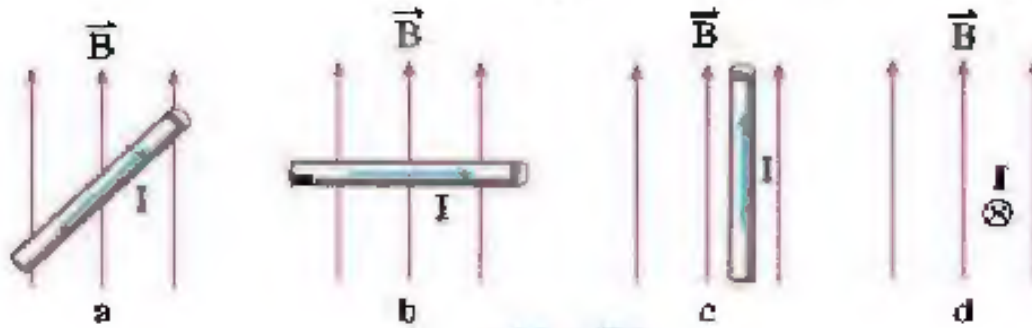
شكل (19)

س5/ هل يمكن أن يؤثر المجال المغناطيسي في شحنة كهربائية في حالة سكون وكيف ؟

س6/ حلقة معدنية يتساب فيها تيار كهربائي مستمر ووضوح بأية وطبيعة يمكن أن توضع هذه الحلقة داخل مجال مغناطيسي منتظم بحيث :

أ/ يؤثر فيها المجال بأعظم عزم .
ب/ لا يؤثر فيها المجال بعزم

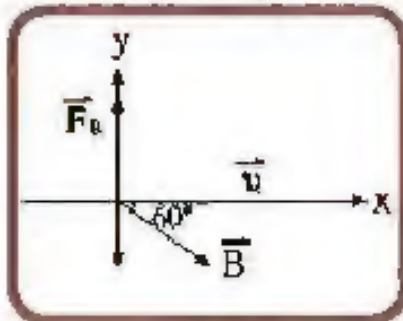
س7/ إذا كان نفس التيار يسري في سلك موضوع في نفس المجال المغناطيسي \vec{B} في الحالات الأربع لاحظ الشكل (20) رتب الأشكال بالنسبة لمقدار القوة للمغناطيسية المؤثرة على السلك من الأكبر إلى الأصغر



شكل (20)

المسائل

س1/ يتحرك إلكترون في أنبوبة التفاز باتجاه الثلاثة بسرعة $(8 \times 10^6 \text{ m/s})$ باتجاه المحور (x). لاحظ للشكل (21) ، وكانت كثافة الفيض المغناطيسي المؤثرة فيه (0.025T) باتجاه 60° مع المحور (x) ما مقدار:



شكل (21)

أ/ القوة للمغناطيسية المؤثرة في الإلكترون .

ب/ تسجيل الإلكترون .

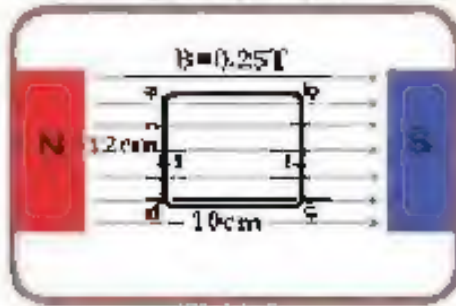
علماً أن شحنة الإلكترون $= 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

كتلة الإلكترون $= 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

س2/

تحرك بروتون بمسار دائري بنصف قطر (14cm) داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافته (0.35T) عمودي على اتجاه سرعة البروتون. احسب مقدار السرعة الخطية للبروتون .

س3 / ملف يتكون من (40) حلقة ينساب فيه تيار كهربائي مستمر (2A) وضع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة الفيض (0.25T)



شكل (22)

لاحظ الشكل (22) ، ما مقدار :

- العزم المتور المؤثر في الملف .
- القوة المغناطيسية المؤثرة في كل جانب وما هو اتجاهها ؟

س4 / سلكان طويلان متوازيان تفصلهما مسافة عمودية قدرها 5cm فإذا كان مقدار التيار المار في كل منهما 500A باتجاه واحد -

- احسب مقدار شدة المجال المغناطيسي الناتج عن كل من السلكين عند موضع السلك الآخر .

- القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الطول من كل من السلكين .

س5 / يتحرك بروتون في مدار دائري نصف قطره 14cm في مجال مغناطيسي منتظم كثافته 0.35T عمودياً على سرعة البروتون ، لوجد :

- السرعة الخطية للبروتون ($m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$) .
- إذا تحرك الكترون في اتجاه عمودي على نفس المجال المغناطيسي بنفس السرعة الخطية ، كم يكون نصف قطر مساره الدائري ؟

س6 / قذف الكترون بسرعة 10^6 m/sec في مجال مغناطيسي كثافة الفيض (5T) ،

باتجاهه عمودي على سطح الورقة ومبتعداً عن القارئ فإذا كان الألكترون يتحرك بمستوى الورقة عمودي على B احسب :

- القوة المغناطيسية المؤثرة عليه واتجاهها .
- نصف قطر الدوران ، كتلة الألكترون $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

س7 / وضع ملف مستطيل الشكل أبعاده ($5\text{cm} \times 8\text{cm}$) بصورة موازية لمجال مغناطيسي

منتظم كثافة الفيض (0.15T) فإذا علمت أن الملف يتكون من لفة واحدة ويحمل تياراً قدره (10A) احسب العزم المؤثر من قبل المجال على الملف .

س8 / احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الكترون متحرك بصورة موازية لسلك طويل على بعد قدره (10cm) وبسرعة مقدارها $5 \times 10^4 \text{ m/sec}$ علماً بأن السلك يحمل تياراً قدره 1.5A .